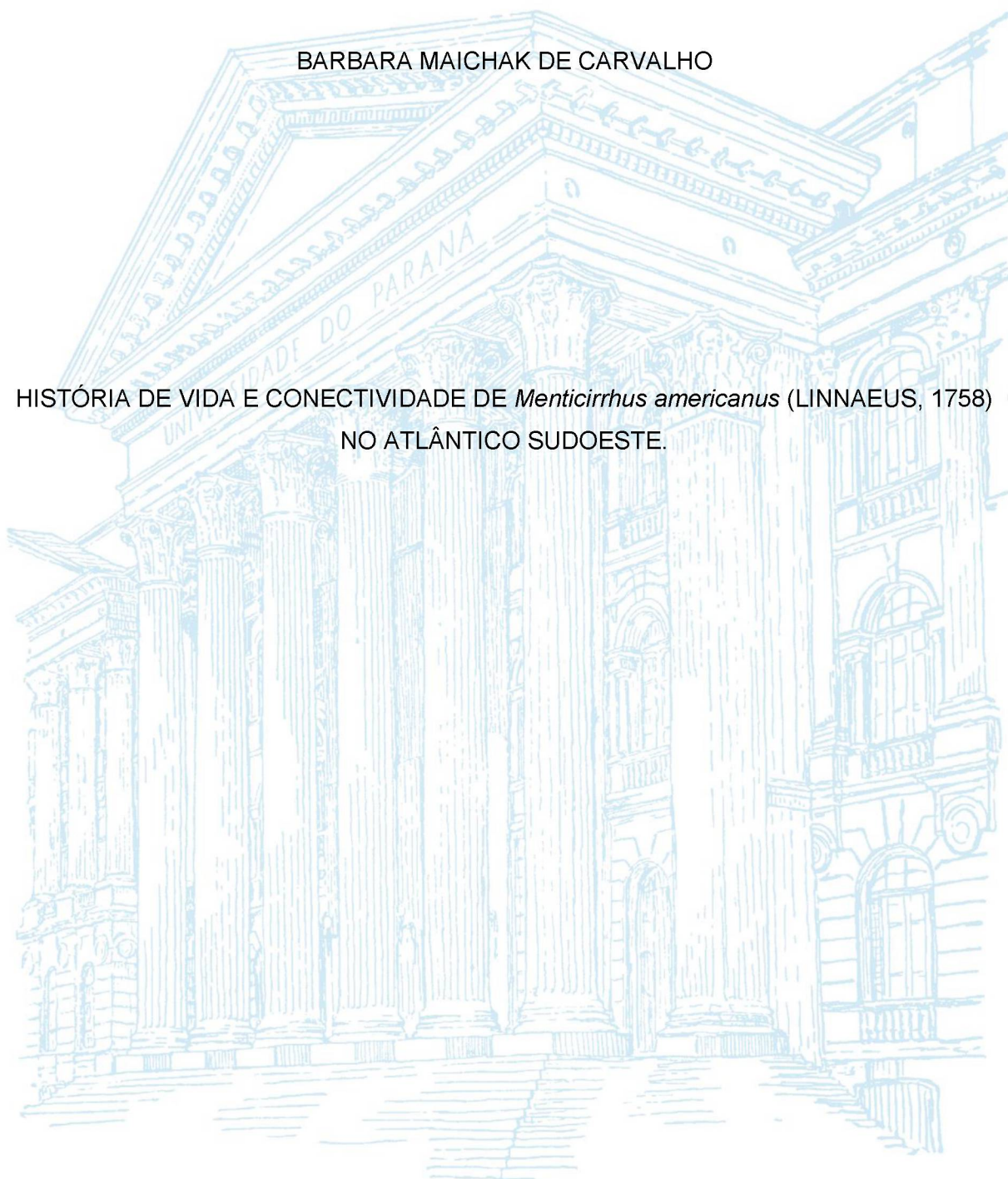


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BARBARA MAICHAK DE CARVALHO

HISTÓRIA DE VIDA E CONECTIVIDADE DE *Menticirrhus americanus* (LINNAEUS, 1758)  
NO ATLÂNTICO SUDOESTE.



CURITIBA  
2019

BARBARA MAICHAK DE CARVALHO

HISTÓRIA DE VIDA E CONECTIVIDADE DE *Menticirrhus americanus* (LINNAEUS, 1758) NO ATLÂNTICO SUDOESTE.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de doutor em Ciências.

Orientador Prof. Dr. Luís Fernando Fávoro

CURITIBA  
2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.  
Biblioteca de Ciências Biológicas.  
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Carvalho, Barbara Maichak de  
História de vida e conectividade de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) no Atlântico Sudoeste. / Barbara Maichak de Carvalho. – Curitiba, 2019.

114 p.: il.

Orientador: Luís Fernando Fávaro

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

1. Animais - Migração 2. Sciaenidae 3. Peixe - Reprodução 4. Distribuição por idade I. Título II. Fávaro, Luís Fernando III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

CDD (20. ed.) 597.58



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOLOGIA -  
40001016008P4

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **BARBARA MAICHAK DE CARVALHO** intitulada: **História de vida e conectividade de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) no Atlântico Sudoeste.**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2019.

LUIS FERNANDO FÁVARO

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

MATHEUS OLIVEIRA FREITAS

Avaliador Externo (UFPR)

FELIPPE ALEXANDRE LISBOA DE MIRANDA DAROS

Avaliador Externo (UNESP)

MAURICIO OSVALDO MOURA

Avaliador Externo (UFPR)





*Dedico ao Mar....*

## AGRADECIMENTOS

Se hoje estou aqui pensando por onde começar os agradecimentos foi porque nesta jornada em muitos momentos falei “*não sei*” e “*me ajuda, por favor*”....

Inicialmente, agradeço a PPGZOO pela concessão da bolsa. Ao CNPQ pela bolsa e taxa de bancada (141267/2015-1) que financiaram parte deste projeto. Além do CNPQ, este projeto também foi financiado pelos convênios 043/13 CAFB-BA/SPU e 292/14 UFPR/ Fundação Araucária. E ao Centro de Estudos do Mar por toda a infraestrutura e aporte logístico.

Gostaria de agradecer imensamente ao Prof. Dr. Luís Fernando Fávoro por aceitar me orientar, pela confiança, paciência e me deixar livre para desenvolver esse projeto. E principalmente por ser essa pessoa especial que ele é! Meu muito obrigada Zão!

Com certeza se essa tese foi feita com minhas “pedrinhas” foi porque há muitos anos (sim, 2011) uma professora me incentivou a não desistir delas. Alejandra Volpedo, simplesmente a minha “orientadora portenha”, primeira pessoa com a qual dividi a vontade de saber mais sobre as betarinhas. Alê, minha imensa gratidão ao universo por você ter me encontrado na minha vida. Continuando com os agradecimentos aos “hermanos” agradeço ao Esteban Avigliano, por ter me ensinado que parcerias são viáveis e reais, pelas risadas e conversas engraçadas que sempre tivemos.

Aos Prof. Dr. Victor Tuset e a Profa. Claudenice Dei Tos pelas sugestões, correções e críticas desta tese. A Dra. Sibelle Disaró pelos empréstimos da lupa para fotografar as pedrinhas e tudo mais....Obrigada! Aos professores que compuseram o comitê da minha qualificação Cristiano Alburquerque, André Padial e Emygdio Monteiro pelos conhecimentos divididos comigo e paciência que tiveram comigo durante essa jornada. A banca por ter aceito avaliar essa tese, em especial ao Henry por sempre me “emprestar a sabedoria dos seus cabelos brancos”. Obrigada!

Não posso esquecer daquelas pessoas que me mostraram o caminho tortuoso para coletar betarinhas, não foi tão simples como imaginei na elaboração do projeto. Agradeço aos pescadores Betão e Abraão que me ensinaram a coletar as *M. americanus*. Ninguém coleta sozinha né.... agradeço aos meus companheiros de coleta Daniel, Vitão, Johni, Tunan, Betão, Yasmin, Rafa e Rê.

Agradeço aos meus companheiros de laboratório com quem muitas vezes dividimos angústias, vitórias, cafezinhos, risadas, finais de semana na bancada e histórias. Inicialmente, aos companheiros do Laboratório de Reprodução e Comunidade de Peixes...Diego, Bia, Priscila e Moises. Ao pessoal do Laboratório de Ecologia de Peixe (CEM-UFPR): Bot, Marcelo, Johni, Rafa e Maíra....um agradecimento mais que

especial a Lily por sempre me doar cabeças.... Aos membros do Laboratório de Investigações em Produção Animal (UBA).... Sabina, Fernanda, Roberta e Esteban....agradeço principalmente pelas betarinhas argentinas.

Sempre irei agradecer a minha família em especial aos meus pais.... que me ensinaram a persistir loucamente pelos meus sonhos. E ao Dani que me acompanhou nos melhores e piores momentos desta jornada e por simplesmente estar ao meu lado sempre.

*Obrigada!*

## RESUMO

A biologia e os processos migratórios de diversas espécies de peixes vêm sendo descritos a partir de alguns parâmetros populacionais como: idade e crescimento, período reprodutivo e a morfologia do otólito. O presente estudo tem como objetivos: (i) entender a biologia de *Menticirrhus americanus* descrevendo o ciclo reprodutivo, a época de desova e a estrutura etária, (ii) identificar variações sexuais, ontogenética e a influência do processo reprodutivo na forma e no contorno do otólito *sagitta* de *M. americanus* e (iii) verificar a presença de variabilidade fenotípica do otólito e determinar se os indivíduos de *M. americanus* que habitam a desembocadura de estuário e plataforma continental interna rasa podem ser consideradas populações distintas. Para os objetivos (i) e (ii) os exemplares foram capturados no Complexo Estuarino de Paranaguá e áreas adjacentes (25°28' – 25°36'S; 48°20' – 48°28'W) entre agosto/2015 e junho/2016. *M. americanus* utilizou as áreas amostradas para a desova com período mais intenso entre agosto e dezembro. Foram capturados todos os estágios de maturação e o comprimento de primeira maturação das fêmeas correspondeu a aproximadamente 40% do comprimento máximo registrado neste estudo e ocorre no primeiro ano de vida. O ciclo de vida da espécie é curto, atingindo no máximo 6 anos de idade, com predomínio de indivíduos mais jovens (1-3 anos). Através da análise da forma e contorno dos otólitos foi possível confirmar uma variação ontogenética da forma e sexual do contorno e da superfície relativa do *sulcus acusticus* dos otólitos. Verificada também a influência tanto do crescimento somático quanto do processo reprodutivo na forma dos otólitos das fêmeas. Para o objetivo (iii) foram coletados exemplares de *M. americanus* entre as latitudes 23°S e 36°S do Atlântico Sudoeste. A partir das análises de contorno dos otólitos entre as latitudes amostrados, a reclassificação correta é reduzida, demonstrando pouca influência latitudinal. Entretanto, a reclassificação correta foi de 78,1% para o ambiente estuarino e 58,7% para a plataforma. Os resultados demonstraram dois morfotipos para os otólitos *sagittae* de *M. americanus* no Atlântico Sudoeste e sugere que ocorre uma migração parcial da população entre os dois ambientes.

Palavras-chave: idade, migração, morfotipo, otólito, reprodução e Sciaenidae.

## ABSTRACT

The biology and migratory processes of several fish species have been described from some population parameters such as: age and growth, reproductive period and otolith morphology. The present study aimed to: (i) understand the life history of *Menticirrhus americanus* describing the reproductive cycle, the spawning season and age structure, (ii) identify sexual, ontogenetic variations and the influence of the reproductive process on the shape and contour of the *sagitta* otolith of *M. americanus* (iii) check the presence of phenotypic variability in the otolith and determine if the individuals of *M. americanus* that inhabit the mouth of the estuary and the internal shallow continental shelf can be considered different populations. For objectives (i) and (ii), the specimens were caught in the Paranaguá Estuarine Complex and adjacent areas (25°28' – 25°36'S; 48°20' – 48°28'W) between August 2015 and June 2016. *M. americanus* used the areas sampled for spawning with the most intense period between August and December. All maturity stages were captured and the length at first maturity of the females corresponds to approximately 40% of the maximum length recorded in this study and occurs in the first year of life. The life cycle of the species is short, reaching a maximum of 6 years of age, with a predominance of younger individuals (1-3 years). The formation of only one annual ring age was identified during the warmest sampling periods. By analyzing the shape and contour of the otoliths it is possible to affirm an ontogenetic variation in the shape and contour and also the contour and the relative surface of the otolith *sulcus acusticus*. Also verified the influence of both somatic growth and reproductive process in the form of otoliths of females. For objective (iii), specimens of *M. americanus* were collected between latitudes 23°S and 36°S of the Southwest Atlantic. From the contour analysis of the otoliths between the sampled sites, the correct reclassification is reduced, demonstrating a weak latitudinal influence on the data. However, the correct reclassification was 78.1% for the estuarine environment and 58.7% for the shelf. The results demonstrate two morphotypes for *sagittae* otoliths of *M. americanus* in the Southwest Atlantic and suggest a partial migration of the population from the shelf to the estuary.

Key words: age, migration, morphotype, otolith, reproduction and Sciaenidae.



*A caminhada continua....*



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1.** Locais de amostragem de *Menticirrhus americanus* no ambiente subtropical do Atlântico Sul. Sendo: o ponto P1 uma praia estuarina da Ilha do Mel e o P2 Shangri-lá local de desembarque da frota pesqueira artesanal..... 29

**Figura 2.** Corte transversal do otólito sagitta de *Menticirrhus americanus* coletados no ambiente subtropical do Atlântico Sul com quatro anéis etários com borda opaca. Escala de 2 mm..... 32

**Figura 3.** Escala de desenvolvimento ovariano. Análise microscópica dos ovários de *M. americanus* em um ambiente subtropical do Atlântico Sul, sendo: A) Ovário Imaturo – As setas brancas evidenciam células em desenvolvimento inicial em processo de divisão celular, associadas a ovócitos em crescimento primário (PG). B) Ovário em desenvolvimento – Ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento: crescimento primário (PG), cortical alveolar dos oócitos (CA), vitellogenesis oócitos (Vtg) e migração da vesícula germinal (GVM). C) Ovário Capaz de desovar – Predomínio de ovócitos em maior grau de desenvolvimento (Vtg and GVM). D) Ovário semi-desovado – Ovócitos em grau de desenvolvimento avançado (Vtg e GVM), associados a folículos pós-ovulatórios (POFs). E) Ovário Pós-desova – Lamelas ovígeras desorganizadas contendo ovócitos nas fases iniciais de desenvolvimento (PG) associados a tecido conjuntivo..... 34

**Figura 4.** Escala de desenvolvimento testicular. Análise microscópica dos testículos de *Menticirrhus americanus* em um ambiente subtropical do Atlântico Sul, sendo: A) Testículo Imaturo – círculo delimita túbulos seminíferos, os quais contém espermatogônias. B) Testículo em Desenvolvimento – os túbulos seminíferos apresentam diferentes tipos celulares da linhagem espermática. C, D) Testículo Capaz de desovar – túbulos seminíferos, praticamente, repletos de espermatozoides. E) Testículos parcialmente desovados: setas indicando espaços devido a eliminação de espermatozoides. .... 36

**Figura 5.** Frequência relativa dos estádios gonadais por sexos e índices gonadossomáticos médios mensais coletados em Shangri-lá de A) fêmeas e B) Machos de *Menticirrhus americanus*. Sendo entre parênteses o número de exemplares coletados por mês. .... 37

**Figura 6.** Frequência relativa dos estádios gonadais por sexos e índices gonadossomáticos médios mensais coletados na Ilha do Mel de A) fêmeas e B) de *Menticirrhus americanus*. Sendo entre parênteses o número de exemplares coletados por mês..... 38

**Figura 7.** Média e erro padrão do fator de condição (K) e fator de condição somático (K') de machos e fêmeas de *Menticirrhus americanus* coletados bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul. Sendo: A) exemplares coletados em Shangri-lá e B) exemplares coletados na Ilha do Mel..... 39

**Figura 8.** A) Comprimento de primeira maturação das fêmeas de *Menticirrhus americanus* e B) idade média das fêmeas de *Menticirrhus americanus* coletadas bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul..... 40

**Figura 9.** A) Frequência de ocorrência mensal das idades de *Menticirrhus americanus* em Shangri-lá e B) frequência de ocorrência mensal das idades de *Menticirrhus americanus* na Ilha do Mel coletadas bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul..... 41

**Figura 10.** Curvas de crescimento ajustadas de acordo com os modelos de von Bertalanffy (quadrados) e Gompertz (triângulos) para sexos agrupados (A), fêmeas (B) e machos (C) de *Menticirrhus americanus* coletados bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul..... 42

## CAPÍTULO II

**Figura 1.** Locais de amostragem de *Menticirrhus americanus* em áreas estuarina (P1) e uma praia adjacência ao estuário no Atlântico Sul Subtropical.....54

**Figura 2.** Esquema da morfometria linear aplicado aos otólitos direito de *Menticirrhus americanus* coletado em um ambiente subtropical, sendo: CO - comprimento máximo longitudinal, AO - altura máxima perpendicular, A - área do otólito, AS -área dos *sulcus acusticus*, Pe perímetro do otólito e PeS perímetro dos *sulcus acusticus* .....55

**Figura 3.** Contorno do otólito usando 512 coordenadas equidistantes no otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* em um ambiente subtropical: D região dorsal, V região ventral, A região anterior e P posterior do otólito.....56

**Figura 4.** Distribuição de frequência do comprimento total (mm) dos exemplares de *Menticirrhus americanus* em dois ambientes subtropicais do Atlântico Subtropical.....57

**Figura 5.** Micrografia da face interna do otólito *sagitta* direito de *Menticirrhus americanus* ao longo do seu desenvolvimento ontogenético, sendo: A) 132 mm magnificação 52x, B) 169 mm magnificação 42x, C) 214 mm magnificação 36x, D) 285 mm magnificação 42x e E) 333 mm magnificação 26x. ....58

**Figura 6.** Box plot (média e intervalo de confiança) dos parâmetros morfométricos e dos índices morfométricos do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* por intervalo de classe, sendo: A) comprimento do otólito (OL), B) altura do otólito (OH), C) aspecto de forma OL/TL, D) aspecto de forma OH/OL%, E) fator forma, F) rectangularidade , G) elipticidade e H) superfície do *sulcus acusticus* (SRS). Círculos outliers. ....59

**Figura 7.** Diagrama de dispersão da análise de componentes principais do contorno do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* ao longo da sua ontogenia amostrados em dois ambientes subtropicais no Atlântico Sul.....61

**Figura 8.** Decomposição do contorno dos otólitos *sagittae* de *Menticirrhus americanus*, no eixo x são 512 coordenadas cartesianas do contorno, eixo y são as médias dos pontos. Intervalos de classe: azul escuro 110-150 mm, laranja 160-200 mm, cinza 210 – 250 mm, amarelo 260 – 300 mm e azul claro 310-350 mm.....64

**Figura 9.** Decomposição do contorno dos otólitos *sagittae* de fêmeas adultas e jovens de *Menticirrhus americanus*, no eixo x são 512 coordenadas cartesianas do contorno, eixo y são as médias dos pontos. Fêmeas jovens são as linhas verde e adultas as linhas vermelha.....65

**Figura 10.** Decomposição do contorno dos otólitos *sagittae* de fêmeas e machos adultos de *Menticirrhus americanus*, no eixo x são 512 coordenadas cartesianas do contorno, eixo y são as médias dos pontos. Fêmeas são as linhas vermelhas e machos as linhas azuis.....66

**Figura 11.** Diagrama de dispersão da análise de componentes principais do contorno do otólito *sagitta* de machos (círculos azuis), fêmeas (círculos vermelhos), fêmeas jovens (quadrado verde) e fêmeas adultas pequenas (quadrado vermelho) *Menticirrhus americanus* amostrados em dois ambientes subtropicais no Atlântico Sul.....63

### CAPÍTULO III

**Figura 1.** Locais de amostragem de exemplares de *Menticirrhus americanus* no ao longo do Atlântico Sul. A) Localização dos pontos amostrais na latitude 23°S, B) na latitude 25°S, C) na latitude 26°S, D) na latitude 28°S, E) na latitude 32°S e F) na latitude 36°S. Sendo: CS – plataforma e E – estuários. ....81

**Figura 2.** A) Otólito *sagittae* de *Menticirrhus americanus*, sendo: “A” região anterior, “D” dorsal, “P” posterior e “V” ventral dos otólitos. B) Contorno do otólito usando 512 pontos equidistantes. Linha azul escuro entre 1 e 126 pontos, azul claro entre 127 e 256, rosa entre 257 e 374 pontos e amarelo entre 375 e 512 pontos. R localização do *rostrum* do otólito. ....83

**Figura 3.** Decomposição do contorno do otólito de *Menticirrhus americanus* coletados entre as latitudes 23°S e 36°S do Atlântico Sul. ....85

**Figura 4.** Diagrama de dispersão da análise de componentes principais do contorno do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* entre locais amostrados no Atlântico Sul. ....86

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

**Tabela 1.** Sumário de informações publicadas dos parâmetros da biologia de *Menticirrhus americanus*, sexo (AG dados calculados para sexos agrupados, M machos e F fêmeas), CT (min – máx) comprimento total mínimo e máximo em cm,  $L_{\infty}$  comprimento máximo teórico (cm), k constante associada a velocidade de crescimento ( $\text{ano}^{-1}$ ),  $t_0$  parâmetro da condição inicial, comprimento de primeira maturação ( $L_{50}$ ) e Longevidade (L) tempo que leva para atingir 95% do  $L_{\infty}$ . \* CT expresso na literatura agrupado os sexos. \*\* Expresso apenas o CT máximo registrado pelos autores do estudo. .... 27

**Tabela 2.** Caracterização microscópica dos estádios de desenvolvimento ovariano e testicular de *Menticirrhus americanus*. Escala adaptada de Vazzoler (1996), Gomes e Araújo (2004), Brown-Peterson *et al.* (2011), Haluch *et al.* (2011) e Lowerre-Barbieri *et al.* (2011). Ovócitos abreviação: PG, crescimento primário; CA, cortical alveolar; Vtg, primário, secundário e terciário vitelogênico; GVM, migração da vesícula germinativa; POF, folículos pós-ovulatórios; GVBD, vesícula germinativa..... 30

**Tabela 3.** Parâmetros da relação peso comprimento de *Menticirrhus americanus* coletados em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul. Sendo: F fêmeas, M machos, CT comprimento total em centímetros, min CT e Peso mínimo amostrados, máx. CT e Peso máximo amostrado, “a” coeficiente de proporcionalidade médio e desvio padrão, “b” coeficiente de alometria médio e desvio padrão e  $r^2$  coeficiente de determinação da relação peso comprimento de Huxley (1929). .... 33

**Tabela 4.** Frequência sexual de *Menticirrhus americanus* coletado em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul. Sendo: F= fêmeas, M = machos,  $n$  número de indivíduos por mês,  $X^2$  qui quadrado e \* valor  $p < 0,05$ . .... 33

**Tabela 5.** Idade por classes de tamanho em *Menticirrhus americanus* coletadas bimestralmente em um ambiente subtropical do Atlântico Sul. .... 40

### CAPÍTULO II

**Tabela 1.** Valores de probabilidade obtidos através do post-hoc de Conover aplicada a correção de Bonferroni dentre os intervalos de classe e os índices morfométricos e o comprimento e altura dos otólitos *sagittae* de *Menticirrhus americanus* de um ambiente subtropical. Sendo considerado significativo os valores  $p < 0,05$  e  $p < 0,001$ . .... 59

**Tabela 2.** Parâmetros morfométricos e índices de forma (média  $\pm$  desvio padrão) de *Menticirrhus americanus* de um ambiente subtropical sendo: machos (M,  $n = 30$ ), fêmeas (F,  $n = 30$ ), fêmeas jovens (FJ,  $n = 29$ ) e fêmeas adultas (FA,  $n = 29$ ), CT comprimento total em mm, CO comprimento dos otólitos em mm, AO altura dos otólitos em mm, aspecto de forma (CO/CT), aspecto de forma  $[(AO/CO) \cdot 100]$ , fator forma,

rectangularidade, elipticidade e superfície relativa do *sulcus acusticus* (SRS).....60

**Tabela 3.** Valores de probabilidade obtido através da PERMANOVA com a correção de Bonferroni aplicada no contorno dos otólitos de *Menticirrhus americanus* dentre os intervalos de classe aos intervalos de classe. Valores  $p < 0,05$  e  $p < 0,001$  foram considerados significantes.....60

**Tabela 4.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre dentre os intervalos de classe obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação.....61

**Tabela 5.** Valores de probabilidade obtido através da PERMANOVA com a correção de Bonferroni aplicada no contorno dos otólitos de *Menticirrhus americanus* entre os sexos e os estágios de vida. Valores  $p < 0,05$  e  $p < 0,001$  foram considerados significantes.....62

**Tabela 6.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre dentre os intervalos de classe obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação.....63

### CAPÍTULO III

**Tabela 1.** Caracterização física e química dos locais de amostragem de *Menticirrhus americanus*, entre as latitudes 23°S e 36°S no Atlântico Sul. ....82

**Tabela 2.** Média e desvio padrão dos comprimentos dos peixes (LT, cm), comprimento (OL, mm), área do *sulcus acusticus* (AS, mm<sup>2</sup>) e peso do otólito (OW, g) de *Menticirrhus americanus* por latitudes e “n” número de exemplares. ....84

**Tabela 3.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre locais de amostragem obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde a frequência de reclassificação. ....87

**Tabela 4.** Reclassificação correta do contorno do otólito de *Menticirrhus americanus* entre habitat, obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação. ....87

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
Objetivo Geral.....	18
Objetivos Específicos.....	19
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>24</b>
Abstract.....	25
Resumo .....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	28
Resultados.....	32
Discussão .....	42
Conclusão.....	45
Referências Bibliográficas .....	45
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>51</b>
Resumo .....	52
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	54
Resultados.....	58
Referências Bibliográficas .....	70
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>76</b>
Abstract.....	77
Resumo .....	77
Introdução.....	78
Material e Métodos.....	79
Resultados.....	84
Discussão .....	86
Referências Bibliográficas .....	88
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>98</b>



## INTRODUÇÃO GERAL

Esta parte inicial da tese apresenta uma abordagem geral sobre aspectos que serão desenvolvidos neste documento, tais como: - os ambientes estuarino e plataforma continental, relacionados ao processo de conectividade biológica; os otólitos – estruturas rígidas de carbonato de cálcio que foram utilizados como ferramenta metodológica para alcançar os objetivos propostos; a espécie - *Menticirrhus americanus*, escolhida como objeto de estudo.

A conectividade entre ambientes pode ocorrer de formas distintas através de processos abióticos e/ou biológicos. Em ambas as situações são possíveis verificar a interdependência entre os ambientes, o que aumenta a resiliência e garante a manutenção da biodiversidade. No caso dos estuários e das plataformas continentais adjacentes, fatores abióticos como a geomorfologia dos estuários, regimes de vento, de marés, a sazonalidade e o aporte de água doce dos rios, influenciam na conectividade biológica (Able 2005; Day *et al.* 2013). A tolerância e a plasticidade fisiológica dos organismos aquáticos estão entre os fatores biológicos que devem ser considerados ao se investigar a conectividade de organismos entre ambientes distintos (Souza-Bastos e Freire 2011; Mai *et al.* 2014).

Estuários são ambientes de grande produtividade biológica e exportam biomassa e nutrientes para os ambientes adjacentes, favorecendo a produtividade das plataformas continentais (Laegdsgaard e Johnson 2001; Rossi-Wongtschowski e Madureira, 2006; Nagelkerken 2009). Além da troca de matéria orgânica entre os estuários e a plataforma continental, também pode ocorrer o fluxo de organismos em diferentes fases ontogenéticas (Able 2005). Essa conexão entre estuários e plataforma adjacente pode ser observada no ciclo de vida de diversas espécies de peixes (Mai *et al.* 2014; Carvalho *et al.* 2017a; Condini *et al.* 2016; Franco *et al.* 2018).

Os estuários são considerados berçários, pois devido a sua elevada produtividade e estruturação ambiental favorecem o recrutamento e crescimento de diversas espécies (Laegdsgaard e Johnson 2001; Naglekerken 2009). As áreas interditaes dos estuários são ambientes favoráveis ao recrutamento devido a sua maior estruturação física atribuída aos manguezais e marismas (Neves *et al.* 2010). A densidade de recrutas nas regiões interditaes dos estuários demonstram o efeito positivo da estruturação ambiental, já que, formando agregados ou cardumes os juvenis ou pós-larvas estão protegidos dos predadores (Pfister 1999). Estes ambientes são imprescindíveis para a manutenção e dinâmica de muitas espécies marinhas que migram para utilizar os ambientes interditaes dos estuários para crescimento e/ou reprodução (Day *et al.* 2013).

Diversos métodos são eficientes no entendimento dos padrões migratórios entre os ambientes estuarinos e marinhos (Hebert *et al.* 2003, Childs *et al.* 2015, Freitas *et al.* 2017). Estudos utilizando os otólitos como ferramenta descritiva de padrões migratórios têm gerados excelentes resultados (Elsdon *et al.* 2008, Mai *et al.* 2014, Condini *et al.* 2016, Avigliano *et al.* 2017, Franco *et al.* 2018). Os otólitos são complexas estruturas de carbonato de cálcio precipitado na forma de aragonita e pequenas quantidades de outros minerais, imersos dentro de uma matriz orgânica (Assis 2000; Popper *et al.* 2005). A precipitação do cálcio é um processo extracelular regulado pela ação de hormônios e influenciado por variações ambientais, como a temperatura e salinidade (Popper e Fay 2011). Estas estruturas são consideradas quimicamente inertes, pois não ocorre a reabsorção dos elementos incorporados, através de processos metabólicos (Elsdon *et al.* 2008). Os peixes ósseos apresentam três pares de otólitos, denominados de *sagitta*, *lapillus* e *asteriscos*, de acordo com sua forma e posição relativa ao ouvido interno (Popper *et al.* 2005).

Apesar de apresentarem padrões morfológicos intraespecíficos algumas mudanças morfológicas podem ocorrer influenciadas pelo crescimento e pelo início do processo reprodutivo (Volpedo e Echeverría, 2003). A partir da primeira maturação, ocorre uma mudança de investimento de energia, reduzindo assim o crescimento somático, podendo alterar a forma do otólito (Tombari *et al.* 2005; Carvalho e Corrêa, 2014). Ainda, em algumas espécies, o processo de biomineralização dos otólitos causa variações morfológicas e morfométrica entre os sexos (Leguá *et al.* 2013; Mille *et al.* 2015).

A forma e o contorno dos otólitos podem variar entre populações de espécies que sofrem influências ambientais distintas (Cadrin e Friedland 1999; Tuset *et al.* 2003; Duarte *et al.* 2008; Vignon e Morat 2010). Algumas espécies, amplamente distribuídas geograficamente, apresentam distintos morfotipos de otólitos por consequência das diferentes forçantes ambientais em que estão inseridas (Vignon 2012; Libungan *et al.* 2015; Santos *et al.* 2017; Vasconcelos *et al.* 2018). Além da percepção da influência ambiental, a diferenciação de morfotipos nos otólitos permite identificar processos migratórios (Keating *et al.* 2014; Zischke *et al.* 2016).

Para a realização deste estudo foi escolhida a espécie *Menticirrhus americanus* pertencente à família Sciaenidae. A escolha desta espécie se justifica pela ampla distribuição, com ocorrência ao longo do Atlântico Ocidental (41° N à 51° S), entre os Estados Unidos e a Argentina. A espécie utiliza áreas estuarinas, geralmente associadas ao substrato inconsolidado e faz uso da plataforma continental interna, sendo considerada uma espécie marinha migrante (Passos *et al.* 2013). *Menticirrhus americanus* é considerada um recurso pesqueiro de valor comercial e esportivo,

podendo alcançar 50 cm de comprimento (Cervigón 1993). Entre 2011 e 2014 na costa sudeste-sul brasileira foram desembarcadas 270 toneladas de espécies do gênero *Menticirrhus* (ICMBIO; GEP-UNIVALI), que além de ser explorado comercialmente ainda é alvo de pesca recreativas e do by catch da frota camaroneira (sete-barbas - *Xiphopenaeus kroyeri* e o camarão rosa - *Farfantepenaeus spp.*) (Graça – Lopes *et al.* 2002; Souza e Chaves 2007; Cattani *et al.* 2011). Além da importância econômica *M. americanus* é importante na teia trófica de ictiófagos da região sul brasileira (Bornatowski *et al.* 2014). É uma espécie de crescimento alométrico positivo (Dias *et al.* 2014), com desova parcelada em um longo período reprodutivo (Haluch *et al.* 2011) e forma um anel etário por ano alcançando até 5 anos de vida (McDowell e Robillard 2013; Clardy *et al.* 2014).

Esta tese foi organizada em três capítulos, sendo:

I. Idade e reprodução de *Menticirrhus americanus* em dois ambientes subtropicais do Atlânticos Sul;

Inicialmente, neste capítulo serão descritos os parâmetros reprodutivos e a idade desta espécie capturada na frota pesqueira artesanal e em uma praia estuarina do Complexo Estuarino de Paranaguá.

II. Variação ontogenéticas e sexuais do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* (Teleostei; Sciaenidae) (Linnaeus, 1758) em um ambiente subtropical;

Este capítulo descreve as variações ontogenéticas dos otólitos *sagittae* coletados em duas áreas do litoral paranaense. Também verifica variações morfológicas dos otólitos entre os sexos e entre os otólitos de fêmeas jovens e adultas capturados em uma estuarina do Complexo Estuarino de Paranaguá.

III. Inferindo a conectividade entre habitats para *Menticirrhus americanus* na costa sudoeste do Atlântico: uma abordagem baseada no contorno do otólito

O terceiro capítulo utiliza o contorno do otólito para inferir conectividade dentre latitudes e habitat.

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Entender biologia reprodutiva e a idade de *Menticirrhus americanus* em um ambiente subtropical. E identificar padrões de conectividade desta espécie dentre as

latitudes 23°S e 36°S do Atlântico Sul e em entre os ambientes estuarinos e de plataforma.

#### Objetivos Específicos

- Caracterizar o ciclo reprodutivo de *Menticirrhus americanus* quanto ao desenvolvimento gonadal e época de desova. Juntamente avaliar a estrutura etária da população no litoral paranaense;
- Descrever o desenvolvimento ontogenético do otólito *sagitta* de *M. americanus*, possíveis variações ontogenéticas e sexuais da forma e diferenças na morfologia do otólito em estágio de vida distintos;
- Identificar possíveis variações morfológicas nos otólitos e diferenciação de populações de *M. americanus* ao longo de um gradiente latitudinal e entre estuários e plataforma.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLE, K. W. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 5-17, 2005.

AVIGLIANO, E.; LEISEN, M.; ROMERO, R.; CARVALHO, B.; VELASCO, G.; VIANNA, M.; BARRA, F.; VOLPEDO, A.V. Fluvio-marine travelers from South America: cyclic amphidromy and freshwater residency, typical behaviors in *Genidens barbatus* inferred by otolith chemistry. **Fisheries Research**, v. 193, p.184–194, 2017.

ASSIS, C. A. Estudo morfológico dos otólitos *sagitta*, *asteriscus* e *lapillus* de Teleósteos (Actinopterygii, Teleostei) de Portugal continental. Sua aplicação em estudos de filogenia, sistemática e ecologia. Dissertação (Doutorado) – Universidade de Lisboa, p. 1005, 2000.

BORNATOWSKI, H.; BRAGA, R. R.; ABILHÔA, V.; CORRÊA, M.F.M. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 246-263, 2014.

CADRIN, S. X.; FRIEDLAND, K. D. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. **Fisheries Research**, v. 43, p. 129-139, 1999.

CARVALHO B.M.; CORRÊA M.F.M. Morphometry of the *sagitta* otolith from *Atherinella brasiliensis* (Quoy and Gaimard, 1824) (Actinopterygii - Atherinopsidae), at the coast of Paraná. **Revista Tropical Oceanography**, v. 42, p. 54-59, 2014.

CARVALHO, B. M.; VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SPACH, H. L. Use of otolith microchemistry as an indicator of the habitat of *Anchoa tricolor* (Spix e Agassiz, 1829) in a subtropical estuary. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, p. 457-465, 2017a.

CATTANI, A.P.; SANTOS, L.O.; SPACH, H.L.; BUDEL, B.R.; GONDIM GUANAIS, J.H.D. Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 37, p. 247–260, 2011.

CERVIGÓN, F. Los peces marinos de Venezuela. Volume 2. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. p.497, 1993.

CHILDS, A. R.; COWLEY, P. D.; NÆSJE, T. F.; BENNETT, R. H. Habitat connectivity and intra-population structure of an estuary-dependent fishery species. *Marine Ecology Progress Series*, v. 537, p. 233–245, 2015.

CLARDY, S. D.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S.; LEAF, R.T. Age, growth, and reproduction of Southern Kingfish (*Menticirrhus americanus*): a multivariate comparison with life history patterns in other sciaenids. **Fisheries Bulletin**, v. 112, p. 1–20, 2014.

CONDINI, M. V.; TANNER, S.; REIS-SANTOS, P.; ALBUQUERQUE, C. Q.; PAES VIEIRA, J.; CABRAL, H. N. Prolonged estuarine habitat use by dusky grouper *Epinephelus marginatus* at subtropical latitudes (32°) revealed otolith microchemistry. **Endangered Species Research**, v. 29, p. 271–277, 2016.

DAY, J. W.; KEMP, W.M.; YÁÑEZ-RANCIBIA, A.; CRUMP, B.C. Estuarine Ecology, Wiley-Blackwell, p. 568, 2013.

DIAS, J. F.; FERNANDEZ, W. S.; SCHMIDT, T. C.S. Length-weight relationship of 73 fish species caught in the southeastern inner continental shelf region of Brazil. **Latin America Journal Aquatic Research**, v. 42, n.1, 127–136, 2014.

DUARTE, P.N.; LESSA, R.; STOSIC, B.; MORIZE, E. The use of *sagittal* otoliths in discriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. **ICES Journal Marine Science**, v. 65, n.7, p. 1144–1152, 2008.

ELSDON, T. S.; WELLS, B.K.; CAMPANA, S. E.; GILLANDERS, B. M.; JONES, C. M.; LIMBURG, K. E.; SECOR, D. H.; THORROLD, S. R.; WALTHER, B. D. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v. 46, p. 297–330, 2008.

FRANCO, T.P.; ALBUQUERQUE, C.Q.; SANTOS, R.S.; SAINT'PIERRE, T.D.; ARAÚJO, F.G. Leave forever or return home? The case of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in coastal systems of southeastern Brazil indicated by otolith microchemistry. **Marine Environmental Research**, 2018, in press.

FREITAS, A.S.; SILVA, R.; SAMPAIO, I.; SCHNEIDER, H. The mitochondrial control region reveals genetic structure in southernkingcroaker populations on the coast of the Southwestern Atlantic. **Fisheries Research**, v. 191, p. 87–94, 2017.

GEP-UNIVALI Grupo de estudos pesqueiros UNIVALI [www.propesqweb.acad.univali.br](http://www.propesqweb.acad.univali.br)

GRAÇA – LOPES, R.; TOMÁS, A. R. G.; TUTUI, S. L. S.; SEVERINO RODRIGUES, E.; PUZZI, A. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28, n.2, p. 173 – 188, 2002.

KEATING, J. P.; BROPHY, D.; OFFICER, R. A.; MULLINS, E. Otolith shape analysis of blue whiting suggests a complex stockstructure at their spawning grounds in the Northeast Atlantic. **Fisheries Research**, v. 157, p. 1-6, 2014.

HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuarinos do Brasil. Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira e Marinha, 1999.

HALUCH, C. F.; ABILHOA, V.; FREITAS, M. O.; CORRÊA, M. F. M.; HOSTIM-SILVA, M. Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 24, n. 1, 47-59, 2011.

HEBERT, P.D.N.; RATNASINGHAM, S.; WAARD, J.R. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. **Proceedings of the Royal Society**, v. 270, 2003.

ICMBIO Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. [www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br)

LAEGDSGAARD, P.; JOHNSON, C. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 257, p. 229–253, 2001.

LEGUÁ, J.; PLAZA, G.; PÉREZ, D.; ARKHIPHIN, A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 3, 479-489, 2013.

LIBUNGAN L. A.; ÓSKARSSON G.J.; SLOTTE, A.; JACOBSEN J.A.; PÁLSSON S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, p.1377–1395, 2015.

MAI, A. C. G.; CONDINI, M. V.; ALBUQUERQUE, C. Q.; LOEBMANN, D.; SAINT'PIERRE, T. D.; MIEKELEY, N.; VIEIRA, J. P. High plasticity in habitat use of *Lycengraulis grossidens* (Clupeiformes, Engraulididae). **Estuarine Coastal Shelf Science**, v. 141, p. 17-25, 2014.

MCDOWELL, D.E.; ROBILLARD, E. Life history characteristics and age validation of southern kingfish (*Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758)) in the middle South Atlantic Bight. **Journal Applied Ichthyology**, v. 29, p. 839–846, 2013.

MILLE, T.; MAHE, K.; VILLANUEVA, M.C.; DE PONTUA H.; ERNANDE, B. Sagittal otolith morphogenesis asymmetry in marine fishes. **Journal Fish Biology**, v. 87, n.3, p. 646–663, 2015.

NAGELKERKEN, I. Ecological Connectivity among tropical coastal ecosystems. Ed. Springer. 2009.

NEVES, L. M.; TEIXEIRA, T. P.; ARAÚJO, F. G. Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. **Marine Ecology**, v. 32, p. 115–131, 2010.

PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ABBATEPAULO, F. V.; SPACH, H. L.; VILAR, C. C.; JOYEUX, J. C.; CARTAGENA, B. F. C.; FAVARO, L. F. Analysis of fish assemblages



in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n.4, 251-264, 2013.

POPPER, A. N.; RAMCHARITAR, J.; CAMPANA, S. E. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. **Marine and Freshwater research**, v. 56, p. 497 – 504, 2005.

POPPER, A. N.; FAY, R. R. Rethinking sound detection by fishes. **Hearing Research**, v. 273, p. 25 – 36, 2011.

PFISTER, C. A. Recruitment of Intertidal Fishes. In: *Intertidal Fishes: Life in two worlds*. Academic. Press. 1999.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil. 1. ed. São Paulo: EDUSP. 2006.

SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAUJO, G.F. Age and growth of the white croaker *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae) in a coastal area of Southeastern Brazilian Bight. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, p. 1–12, 2017.

SOUZA, L.M.; CHAVES, P.T. Atividade reprodutiva de peixes (Teleostei) e o defeso da pesca de arrasto no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, p. 1113–1121, 2007.

SOUZA-BASTOS, L.; FREIRE, C. A. Osmoregulation of the resident estuarine fish *Atherinella brasiliensis* was still affected by an oil spill (Vicuña tanker, Paranaguá Bay, Brazil), 7 months after the accident. *Science of the Total Environment*, 409, 1229–1234, 2011.

TOMBARI, A.D.; VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Desarrollo de la *sagitta* en juveniles y adultos de *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) y *O. bonariensis* (Valenciennes, 1835) de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Teleostei: Atheriniformes). **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 78, p. 623-633, 2005.

TUSET, V.M.; LOZANO, I.J.; GONZALEZ, J.A. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). **Journal Applied Ichthyology**, v. 19, p. 88-93, 2003.

VASCONCELOS, J.; VIEIRA, A. R.; SEQUEIRA, V.; GONZÁLEZ, J. A.; KAUFMANN, M.; GORDO, L. S. Identifying populations of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the Northeast Atlantic by using geometric morphometrics and otolith shape analysis. **Fisheries Bulletin**, v. 116, p. 81–92, 2018.

VIGNON, M.; MORAT F. Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 411, p. 231-241, 2010.

VIGNON, M. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 420, p.26–32, 2012.

VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRIA, D.D. Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentina. **Fisheries Research**, v. 60, p. 551-560, 2003.

ZISCHKE, M. T.; LITHERLAND, L.; TILYARD, B.R.; STRARFORD, N. J.; JONES, E.L.; WANG, Y.G. Otolith morphology of four mackerel species (*Scomberomorus* spp.) in Australia: Species differentiation and prediction for fisheries monitoring and assessment. **Fisheries Research**, v. 176, p. 39–47, 2016.

## CAPÍTULO I

Idade e reprodução de *Menticirrhus americanus* em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul

## Abstract

Between August 2015 and June 2016, 393 southern kingfish *Menticirrhus americanus* individuals were sampled in the subtropical region of the South Atlantic between August 2015 and June 2016. In Ilha do Mel, nets were drawn by two persons with 2, 4 and 5 cm between opposite knots trawling parallel the coastline and some individuals were caught with hook. In Shangri-lá, specimens of the captured with gillnets with 6, 7 and 9 cm between opposite knots. Females were numerically dominant in all months sampled at both sites, except in February males became dominant on both localities. The species presented a long reproductive period with multiple spawning and two more intense spawning peaks in August and December. Male and female were captured at all stages of gonadal development and aged between 1 and 6 years at both sites. The length of first maturation for females was 16.3 cm and the mean age of first maturation was 1.3 years, and it was not possible to calculate these parameters for males. Individuals aged between 1 and 3 years were dominant (68%), but spatially there was a dominance of individuals aged 1 to 2 years in Mel Island and individuals aged 3 to 4 years in Shangri-lá. The different methods of capture used in this study made impossible the spatial analysis of the habitat use of this species due to the selectivity of the nets, but the results suggest that both young and adults use the same habitats, reproducing in both environments.

Key words: Estuary, gillnet, sexual maturity and Sciaenidae

## Resumo

Entre agosto de 2015 e junho de 2016, 393 indivíduos de *Menticirrhus americanus* foram amostrados em duas praias na região subtropical do Atlântico Sul. Na Ilha do Mel, foram utilizadas redes tracionadas por duas pessoas com malhas 2,5, 4 e 5 cm entre nós opostos e alguns exemplares foram capturados com anzol. Em Shangri-lá foram adquiridos exemplares do desembarque de pesca capturados com rede de emalhe com malhas de 6, 7 e 9 cm entre nós opostos. As fêmeas foram numericamente dominantes em todos meses amostrados em ambos locais, exceto em fevereiro os machos tornaram se dominantes nas duas praias. Em ambos locais esta espécie apresentou um longo período reprodutivo com desovas parceladas tendo dois picos mais intenso de desova nos meses entre agosto e dezembro. Foram capturados machos e fêmeas em todos os estágios de desenvolvimento gonadal e com idades entre 1 e 6 anos em ambos locais. O comprimento de primeira maturação para fêmeas foi 16,3 cm e a idade média de primeira maturação 1,3 anos, não sendo possíveis calcular

esses parâmetros para os machos. Os indivíduos com idade entre 1 e 3 anos foram dominantes (68%), porém espacialmente ocorreu uma dominância de exemplares com idade entre 1 e 2 anos na Ilha do Mel e indivíduos com idade entre 3 e 4 anos em Shangri-lá. Os diferentes métodos de captura utilizados neste estudo impossibilitaram análises espaciais do uso de habitat desta espécie devido a seletividade das redes, porém os resultados sugerem que tanto jovens como adultos utilizam os mesmos habitats ocorrendo a reprodução em ambos ambientes.

Palavra-chave: Estuário, maturação sexual, pesca de emalhe e Sciaenidae

## Introdução

Parâmetros biológicos intraespecíficos auxiliam no entendimento do uso de habitat das espécies (Vaz-dos-Santos *et al.* 2007; Soeth *et al.* 2018). A identificação do período reprodutivo e do tamanho de primeira maturação auxiliam na criação de períodos de defeso e implementação de tamanho de malhas que impactem menos as populações (Santos *et al.* 2015). A proporção sexual permite identificar se ambos sexos coexistem na mesma área e/ou se ocorre a formação de agregados reprodutivos (Lowerre-Barbieri *et al.* 2016). A partir da estrutura etária, é possível descrever as taxas de crescimento, parâmetro essencial para o entendimento da dinâmica populacional (Maciel *et al.* 2018). Entender esses parâmetros biológicos facilita o manejo e a conservação de espécies impactadas pela pesca industrial e artesanal (Pita *et al.* 2015; Freitas *et al.* 2018).

Na costa sudeste-sul brasileira, diversas pescarias são praticadas em áreas costeiras (Haimovici e Mendonça 1996; Chaves e Robert, 2003; Andriguetto-Filho *et al.* 2006). O arrasto de porta é utilizado para capturar diferentes espécies de camarões (sete-barbas - *Xiphopenaeus kroyeri* e o camarão rosa - *Farfantepenaeus spp.*) (Graça – Lopes *et al.* 2002; Souza e Chaves 2007; Cattani *et al.* 2011). Outras pescarias como arrasto de parelha, caceio e emalhe são utilizadas para capturar espécies de peixes de interesse comercial (Souza *et al.* 2007; Alves *et al.* 2012; Corrêa e Ávila-da-Silva 2016). Devido à baixa seletividade dos métodos de captura outras espécies são capturadas como fauna acompanhante (Haimovici *et al.* 2005; Santos *et al.* 2016), alguns estudos demonstram que a fauna acompanhante é representada majoritariamente por espécies pertencentes à família Sciaenidae (Cattani *et al.* 2011; Santos *et al.* 2016).

A família Sciaenidae é composta por 270 espécies (Chao 1978; Chao *et al.* 2015). Na costa sudeste-sul brasileira, esta família é representada por 26 espécies que variam entre pequeno e grande porte (entre 10 e 200 cm) (Menezes e Figueiredo, 1980).

A maioria das espécies habita águas rasas e a desembocaduras de estuários (Menezes *et al.* 2003). Podem ter ciclo de vida curto ou serem longevas (Cardoso e Haimovici, 2011; Haimovici *et al.* 2016; Santos *et al.* 2017). Utilizam a desova parcelada como estratégia reprodutiva (Braun e Fontoura, 2004; Costa *et al.* 2015; Carmo Silva *et al.* 2016).

A espécie *Menticirrhus americanus* pertence à família Sciaenidae é amplamente distribuída no Atlântico Ocidental, entre as latitudes 41°N e 51°S (Chao *et al.* 2015). Pode alcançar até 50 cm de comprimento total (Cervigón, 1993), na costa brasileira foi registrado o comprimento máximo de 46,5 cm (Menezes e Figueiredo, 1980). Apresenta ciclo de vida curto alcançando até 6 anos e crescimento rápido nas fases iniciais (McDowell e Robillard 2013; Clardy *et al.* 2014). Alcançando uma longevidade teórica máxima de 9,8 anos (Giannini e Paiva-Filho 1992) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Sumário de informações publicadas dos parâmetros da biologia de *Menticirrhus americanus*, sexo (AG dados calculados para sexos agrupados, M machos e F fêmeas), CT (min – máx) comprimento total mínimo e máximo em cm,  $L_{\infty}$  comprimento máximo teórico (cm),  $k$  constante associada a velocidade de crescimento ( $\text{ano}^{-1}$ ),  $t_0$  parâmetro da condição inicial, comprimento de primeira maturação ( $L_{50}$ ) e Longevidade (L) tempo que leva para atingir 95% do  $L_{\infty}$ . \* CT expresso na literatura agrupado os sexos. \*\* Expresso apenas o CT máximo registrado pelos autores do estudo.

Autor/Data	Latitude	CT (min - máx)	Sexo	$L_{\infty}$	$k$	$t_0$	$L_{50}$	L
McDowell e Robillard 2013	31°N	12,8 - 37,7	F	41,8	-0,29	-1,3	20	-
			M	29,0	-0,52	-1,08	-	-
Clardy <i>et al.</i> 2014	30°N	13,5 - 34,8	F	30,3	0,57	-0,95	17,1	5,1
		17,1 - 26,7	M	24,3	1	-1,12	-	4,3
Gianini e Paiva-Filho 1992	23°S	1,9 - 33,8*	AG	41,8	0,29	-0,52	-	9,81
Muniz e Chaves 2008	26°S	43,4	F	-	-	-	-	-
		31,6	M	-	-	-	-	-
			F	-	-	-	17,2	-
Halunch <i>et al.</i> 2011	26°S	4,2 - 31,8*	M	-	-	-	15,3	-
			F	-	-	-	22,2	-
Militelli <i>et al.</i> 2012	34° - 41°S	40**	F	-	-	-	20	-
			M	-	-	-	-	-

Como estratégia reprodutiva *M. americanus* realiza desovas parceladas em um longo período reprodutivo (Muniz e Chaves 2008, Halunch *et al.* 2011), alguns estudos sugerem uso de habitat diferenciados entre jovens e adultos (Giannini e Paiva-Filho 1992; Turra *et al.* 2012). Diversos estudos demonstram a importância ecológica de *M. americanus*, que é caracterizada como uma espécie carnívora bentofágica (Rondineli *et al.* 2007; Halunch *et al.* 2009; Turra *et al.* 2012). É descrita como presa de ictiófagos marinhos (Bornatowski *et al.* 2014).

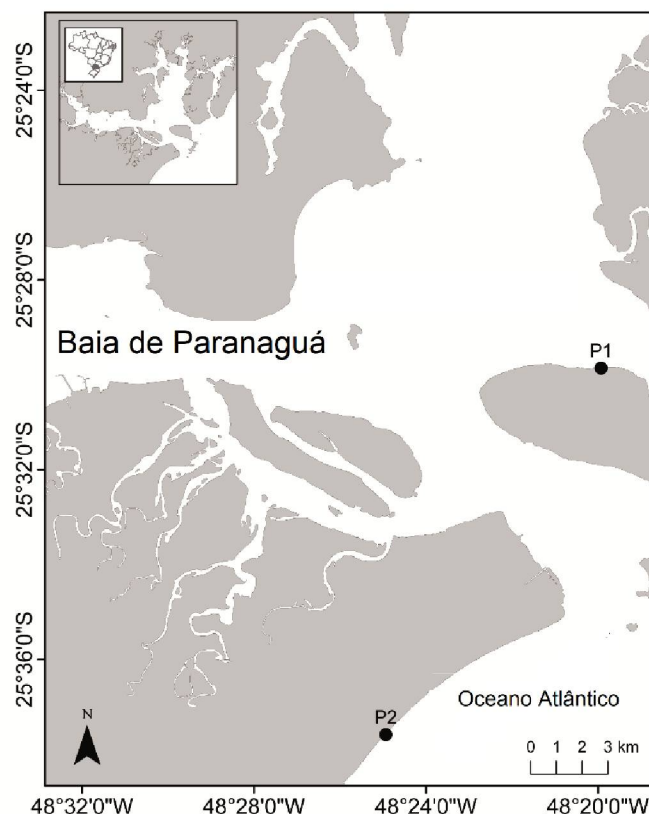
É um recurso pesqueiro explorado tanto pela pesca esportiva como pela comercial (Souza e Chaves 2007; Freire *et al.* 2016). O valor de venda da espécie



depende do tamanho do exemplar, os menores são comercializados como mistura tendo menor valor, enquanto os maiores exemplares são filetados e comercializados por um maior valor (Souza *et al.* 2007; Carvalho observação pessoal). Devido aos fatores supracitados o objetivo deste estudo é caracterizar o ciclo reprodutivo, identificar a época de desova e a estrutura etária de *M. americanus* em dois ambientes subtropicais dados estes ausentes para esta espécie nesta região. A partir dos resultados deste estudo contribuir com dados de base para a elaboração de políticas públicas de manejo do estoque pesqueiro desta espécie.

## Material e Métodos

As amostragens foram realizadas bimestralmente entre agosto de 2015 e junho de 2016. Os exemplares foram capturados em uma praia estuarina dominada por marés da Ilha do Mel (P1) próxima a desembocadura do estuário e em Shangri-lá uma praia adjacente ao estuário dominada por ondas (P2) no sul do Brasil, sob as coordenadas 25°28' – 25°36'S; 48°20' – 48°28'O (Figura 1) (Angulo *et al.* 2016). Sendo este ambiente uma região transicional entre o clima tropical e o temperado (Spalding *et al.* 2007). Para a obtenção dos espécimes na Ilha do Mel foram utilizadas redes tipo “cambau” com 2 m de altura, 70 m de comprimento e malhas de 2,5; 4 e 5 cm, entre nós opostos, tracionadas paralelamente à costa por duas pessoas. Juntamente, na Ilha do Mel foram capturados exemplares com pesca de vara e anzol para a obtenção de exemplares maiores. Ainda, foram adquiridos exemplares de *M. americanus* no desembarque da frota pesqueira artesanal na praia de Shangri-lá, capturados pela pesca de “caceio” com redes de emalhe com malhas de 6, 7 e 9 cm, entre nós opostos.



**Figura 1.** Locais de amostragem de *Menticirrhus americanus* no ambiente subtropical do Atlântico Sul. Sendo: o ponto P1 uma praia estuarina da Ilha do Mel e o P2 Shangrilá local de desembarque da frota pesqueira artesanal.

Os 393 exemplares coletados foram identificados, mensurados o comprimento total ( $CT$ , em cm) e o pesados ( $P_T$ , em g). Posteriormente, foram seccionados ventralmente para a determinação macroscópica do sexo e fase de desenvolvimento gonadal. As gônadas foram retiradas e pesadas ( $P_G$  em g) e os otólitos foram extraídos, lavados, secos e armazenados. A relação peso/comprimento para sexos separados foi ajustada através da equação (Huxley, 1929):  $P_T = a * CT^b$  onde  $P$  é o peso previsto;  $Ct$  é o comprimento total,  $a$  é o coeficiente de proporcionalidade e  $b$  o coeficiente de alometria (Carvalho *et al.* 2017b; Possamai *et al.* 2018).

Para caracterizar o ciclo reprodutivo foi determinado para cada indivíduo o índice gonadosomático (IGS), expresso pela fórmula  $IGS = (P_G/P_T)*100$ . A partir do IGS individual foi calculado o IGS médio bimestral, para ambos os sexos. Ainda, a distribuição dos estádios de desenvolvimento gonadal, realizada para sexos separados ao longo do período de estudo.

Foram selecionadas 156 gônadas para confirmar o sexo e o estágio de maturação gonadal através da rotina histológica. A rotina histológica consiste em fixar a gônada após a extração por 24 horas em ALFAC (álcool 70%, ácido acético e formol 4%). Posteriormente a fixação inicial, as gônadas são desidratadas em banhos

consecutivos de álcool em diferentes concentrações e em xilol. Por fim, foram incluídas em parafina, cortada em micrótomo e coradas com Hematoxilina-Eosina. A partir da confirmação microscópica dos estágios de maturação foi possível verificar o estágio de maturação para os exemplares que não foram para a rotina histológica através da semelhança dos valores do IGS dentre os exemplares (Fávaro *et al.* 2005; Possamai e Fávaro 2015; Soeth *et al.* 2018)

As escalas de desenvolvimento microscópico das gônadas, para fêmeas e machos, foram adaptadas de acordo com o estudo de Vazzoler (1996), Gomes e Araújo (2004), Brown-Peterson *et al.* (2011), Haluch *et al.* (2011) e Lowerre-Barbieri *et al.* (2011) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Caracterização microscópica dos estágios de desenvolvimento ovariano e testicular de *Menticirrhus americanus*. Escala adaptada de Vazzoler (1996), Gomes e Araújo (2004), Brown-Peterson *et al.* (2011), Haluch *et al.* (2011) e Lowerre-Barbieri *et al.* (2011). Ovócitos abreviação: PG, crescimento primário; CA, cortical alveolar; Vtg, primário, secundário e terciário vitelogênico; GVM, migração da vesícula germinativa; POF, folículos pós-ovulatórios; GVBD, vesícula germinativa

Características microscópicas		
Estágio de desenvolvimento gonadal	Fêmeas	Machos
Imaturo	Os ovários de fêmeas jovens apresentam ninhos de ovogônias e ovócitos em crescimento primário (PG).	Os testículos apresentam túbulos seminíferos com luz reduzida ou totalmente fechadas. As células predominantes neste estágio são as espermatogônias.
Em desenvolvimento	Os ovários em desenvolvimento, inicialmente, apresentam ovócitos PG, com ausência de inclusões citoplasmáticas, e ovócitos CA, os quais apresentam vesículas citoplasmáticas. No decorrer do desenvolvimento, observam-se ovócitos mais desenvolvidos, em diferentes fases de vitelogênese (Vtg), podendo ainda ocorrer, em menor quantidade ovócitos GVM.	Túbulos seminíferos parcialmente desenvolvidos, com vários tipos de células da linhagem germinativa masculina. Espermatozoides ausentes ou pouco abundantes.
Apto(a) a desovar	Os ovários neste estágio apresentam predomínio de ovócitos GVM e GVBD, entretanto, ovócitos PG e Vtg são encontrados em menor número.	Os testículos apresentam túbulos seminíferos desenvolvidos com predomínio de espermatozoides.
Parcialmente desovado (a)	Estágio que ocorre somente em espécies que desovam em lotes. Presença de POFs e ovócitos GVM. As fases iniciais de maturação de ovócitos podem também estar presentes (PG, Vtg).	Túbulos seminíferos com a quantidade de espermatozoides diminuída, em relação ao estágio anterior. Observam-se espaços vazios nas bordas dos túbulos e pequena quantidade de outras células da linhagem germinativa masculina.
Pós-desova	Ovários no estágio pós-desova caracterizam o fim do processo reprodutivo e inclui os estágios de	Testículos neste estágio caracterizam o fim do processo reprodutivo e inclui os estágios de regressão e

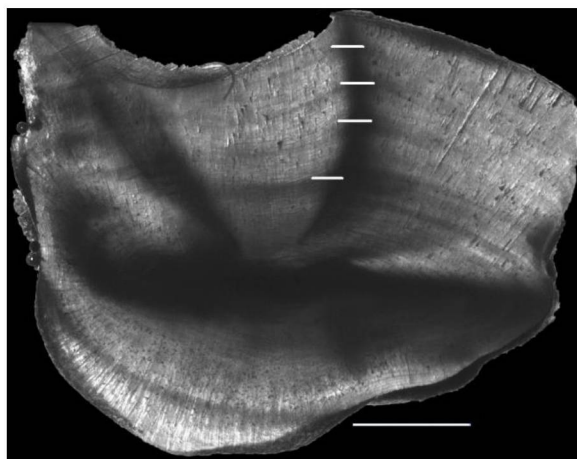
regressão e regeneração descritos por Brown-Peterson et al. (2011). POFs e ovócitos PG encontram-se em lamelas ovígeras desorganizadas. Ao longo do desenvolvimento as lamelas se reorganizam, os POFs são reabsorvidos e os ovários passam a ser constituídos por ovogônias e ovócitos PG.	regeneração descritos por Brown-Peterson et al. (2011). Os túbulos seminíferos apresentam espaços vazios com poucos espermatozoides. Observa-se o repovoamento testicular por células da linhagem espermática, em fases iniciais de desenvolvimento.
---	--

A fim de inferir sobre o bem estar animal, foi determinado o fator de condição total ( $K$ ) e o fator de condição somático ( $K'$ ), expressos respectivamente pelas fórmulas  $K = P_T/C_T^b$  e  $K' = P_T - P_G/C_T^b$ , onde:  $b$  é o coeficiente de alometria da relação peso comprimento. A diferença entre  $K$  e  $K'$  possibilita verificar a energia empregada no processo reprodutivo, em fêmeas e machos. Foi realizado um teste  $t$  entre os fatores de condição total e de condição somático para verificar a influência das gônadas no fator de condição para cada local amostrado.

A determinação do comprimento de primeira maturação ( $L_{50}$ ) ocorreu através da curva logística  $Fr = 1 - (e^{-a*CTM*b})$  onde:  $Fr$  é frequência relativa de indivíduos adultos; “ $e$ ” é o logaritmo na base neperiana; “ $a$ ” e “ $b$ ” são os coeficientes estimados pelo método mínimo quadrado e  $CTM$  = ponto médio do intervalo de classe (Possamai e Fávaro, 2015). Para analisar a proporção sexual foi utilizado o teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) ( $\alpha = 0.05$ ).

Os otólitos *sagittae* direito foram emblocados em resina epóxi, cortados transversalmente com serra metalográfica de baixa velocidade, lixados e polidos com alumina. Posteriormente, os cortes foram fotografados em um microscópio estereoscópio sob luz transmitida com lente polarizadora para a realização das leituras dos anéis etários, sendo realizadas três leituras em momentos diferentes pelo mesmo leitor. *M. americanus* forma apenas um anel etário anual conforme descrito por McDowell e Robillard (2013) e Clardy (et al. 2014). Por isto, neste estudo foi considerado um anel etário a união de um anel opaco e um translúcido (Figura 2).

A verificação da consistência entre o número de anéis, nas três leituras efetuadas por otólito, foi realizada pela determinação do coeficiente de variância (CV), expresso pela fórmula  $CV = \frac{100}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{sdi}{\bar{ai}} \right) \right]$ , onde:  $sdi$  é o desvio padrão de idades atribuídas ao indivíduo  $i$  e  $\bar{ai}$  é a média de leituras. Após as análises foram eliminadas as leituras que resultaram em coeficiente de variância acima 8% (Chang, 1982).



**Figura 2.** Corte transversal do otólito sagitta de *Menticirrhus americanus* coletados no ambiente subtropical do Atlântico Sul com quatro anéis etários com borda opaca. Escala de 2 mm.

A curva de crescimento para sexos agrupados e separados foi obtida através do ajuste da expressão matemática  $L_T = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ , de von Bertalanffy (VB) (1938) e do ajuste da expressão de Gompertz (G)  $L_T = L_\infty * e[-e^{-k(t-t_0)}]$  sendo para ambas expressões:  $L_T$  = o comprimento total (mm) na idade  $t$ ,  $L_\infty$  = o comprimento assintótico,  $k$  = taxa instantânea de crescimento e  $t_0$  = idade em que os peixes têm um comprimento teórico igual a zero (Ogle, 2015).

A identificação da longevidade da espécie ( $A$ ), que corresponde ao tempo que o peixe leva para atingir 95% do  $L_\infty$  (Santos *et al.*, 2017), foi estimada pela equação de Taylor (1959),  $A = \left(\frac{2.996}{k}\right) + t_0$ , onde: 2.996 é uma constante,  $k$  é taxa instantânea de crescimento e  $t_0$  é idade em que os peixes têm um comprimento teórico igual a zero parâmetros da curva de von Bertalanffy.

Para verificar diferenças nas taxas de crescimento entre machos e fêmeas foi realizado um teste  $t$  entre os parâmetros da curva de von Bertalanffy, Gompertz e da longevidade. As análises estatísticas (teste  $t$  e teste do Qui-quadrado) foram realizadas no programa R. Os ajustes dos modelos de von Bertalanffy e Gompertz foram realizados utilizando os pacotes 'Fishmethods' (Nelson, 2017) e 'FishR' (Ogle, 2015).

## Resultados

Foram coletados 393 exemplares de *M. americanus*, sendo 245 exemplares coletados na Ilha do Mel e 148 adquiridos no desembarque de pesca de Shangri-lá. Os exemplares de ambos sexos adquiridos em Shangri-lá apresentaram maior comprimentos em relação aos amostrados na Ilha do Mel (Tabela 3). A partir, da relação

peso comprimento, é possível afirmar que em ambos locais e sexos a espécie *M. americanus* apresenta crescimento alométrico positivo ( $b > 3$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Parâmetros da relação peso comprimento de *Menticirrhus americanus* coletados em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul. Sendo: F fêmeas, M machos, CT comprimento total em centímetros, min CT e Peso mínimo amostrados, máx. CT e Peso máximo amostrado, “a” coeficiente de proporcionalidade médio e desvio padrão, “b” coeficiente de alometria médio e desvio padrão e  $r^2$  coeficiente de determinação da relação peso comprimento de Huxley (1929).

Local	Sexo	(n)	CT (cm)			Peso (g)		Parâmetros da equação		
			min	média	máx.	min	máx.	a	b	$r^2$
Shangri-lá	F	84	13,6	26,68	44,2	17,14	897,37	0,005±0,00	3,188±0,035	0,97
	M	64	14,1	27,44	33,3	18,33	347,88	0,005±0,00	3,175±0,005	0,97
Ilha do Mel	F	140	12	20,34	30,9	16,5	336,53	0,001±0,0058	3,195±0,041	0,97
	M	105	12,8	17,75	29,8	15,3	206,67	0,005±0,000	3,185±0,005	0,97

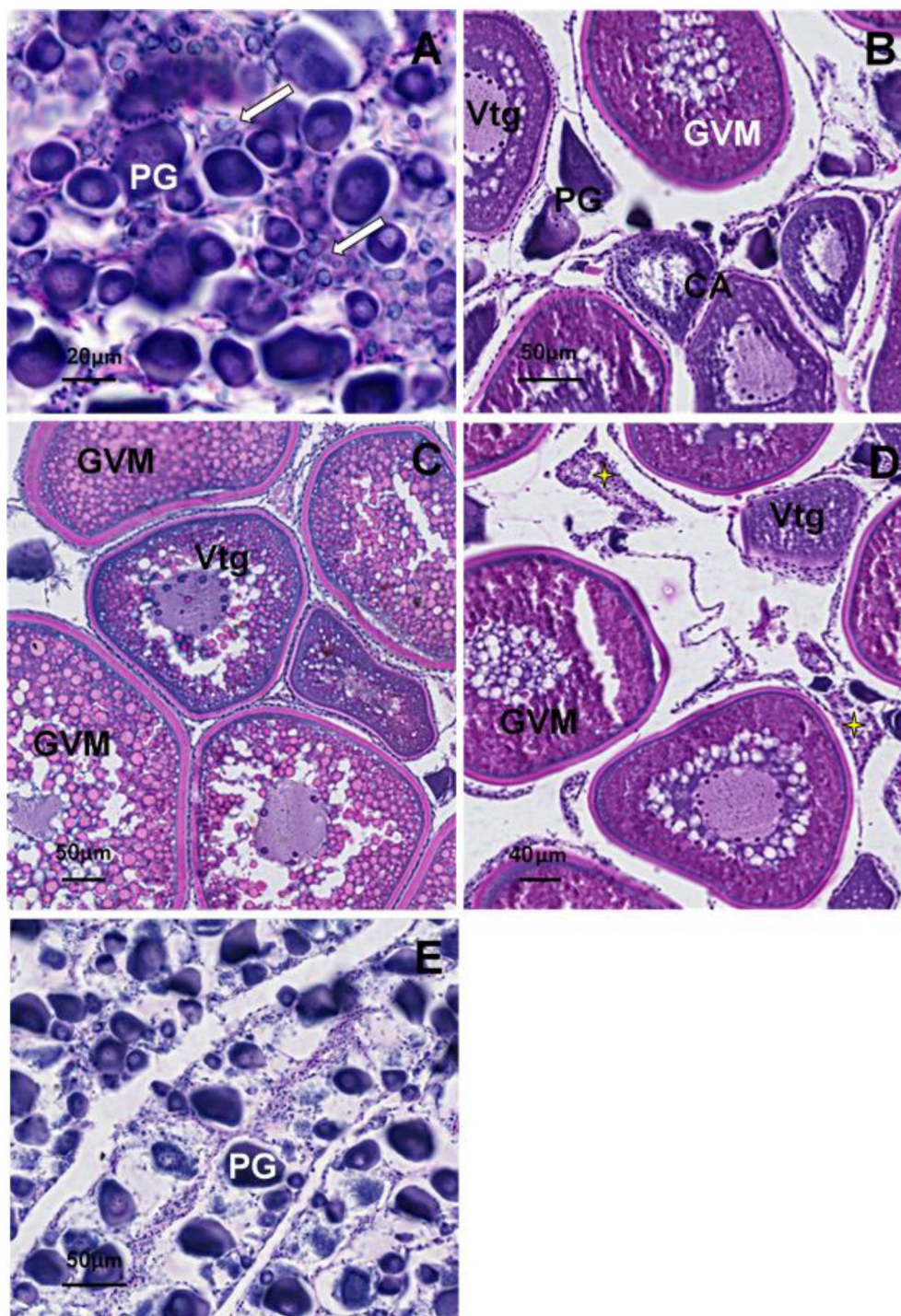
Tanto em Shangri-lá como na Ilha do Mel ocorreu uma dominância numérica de fêmeas (Tabela 4). Em todos os meses amostrados as fêmeas apresentaram dominância numérica, exceto em fevereiro para ambos locais e junho para a Ilha do Mel (Tabela 4). O teste  $X^2$  detectou diferenças significativas na proporção sexual mensal de fêmeas e machos em agosto e dezembro para Shangri-lá e outubro e dezembro para a Ilha do Mel (Tabela 4).

**Tabela 4.** Frequência sexual de *Menticirrhus americanus* coletado em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul. Sendo: F= fêmeas, M = machos,  $n$  número de indivíduos por mês,  $X^2$  qui quadrado e \* valor  $p < 0,05$ .

Shangri-lá					Ilha do Mel				
Mês	F (n)	M (n)	F:M	$X^2$	Mês	F (n)	M (n)	F:M	$X^2$
ago/15	15	8	1,9	2,1	ago/15	34	10	3,4	13,0*
out/15	27	11	3,4	6,7*	out/15	35	35	1,0	0,01
dez/15	15	17	1,9	7,7*	dez/15	22	7	3,1	7,7*
fev/16	7	13	0,9	0,1	fev/16	20	23	0,9	0,2
abr/16	9	4	1,1	0,1	abr/16	23	18	1,3	0,6
jun/16	11	11	1,4	0	jun/16	8	11	0,7	0,4
Total	84	64			Total	142	103		

A análise microscópica das gônadas (Tabela 2) permitiu evidenciar cinco fases de desenvolvimento ovariano (Figura 3) e testicular (Figura 4). Através das análises histológicas foram observados ovários parcialmente desovados, caracterizando desova do tipo parcelada.

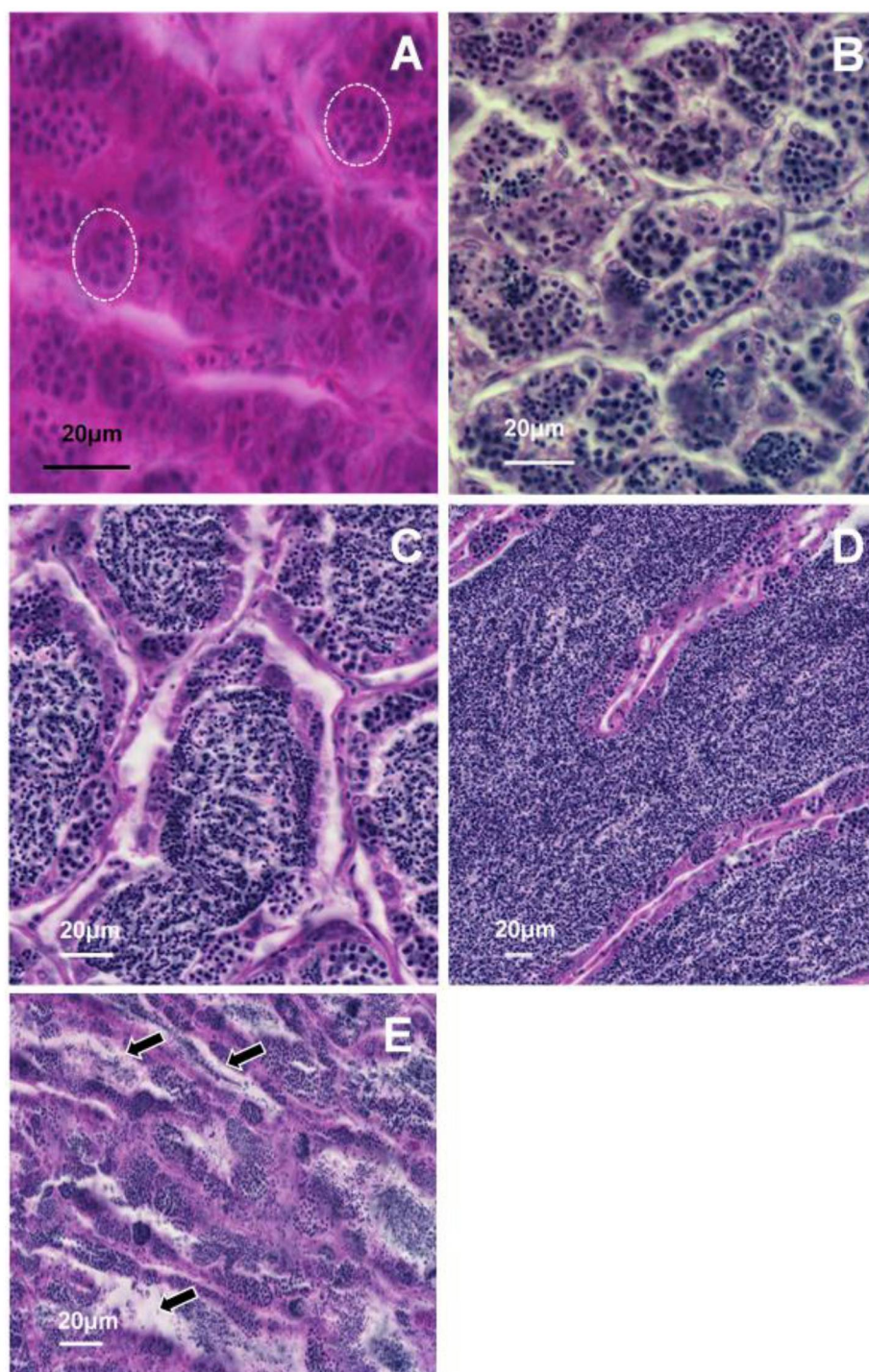




**Figura 3.** Escala de desenvolvimento ovariano. Análise microscópica dos ovários de *M. americanus* em um ambiente subtropical do Atlântico Sul, sendo: A) Ovário Imaturo – As setas brancas evidenciam células em desenvolvimento inicial em processo de divisão celular, associadas a ovócitos em crescimento primário (PG). B) Ovário em desenvolvimento – Ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento: crescimento primário (PG), cortical alveolar dos oócitos (CA), vitellogenesis oócitos (Vtg) e migração da vesícula germinal (GVM). C) Ovário Capaz de desovar – Predomínio de ovócitos em maior grau de desenvolvimento (Vtg and GVM). D) Ovário semi-desovado – Ovócitos em grau de desenvolvimento avançado (Vtg e GVM), associados a folículos pós-ovulatórios (POFs). E) Ovário Pós-desova – Lamelas



ovígeras desorganizadas contendo ovócitos nas fases iniciais de desenvolvimento (PG) associados a tecido conjuntivo.

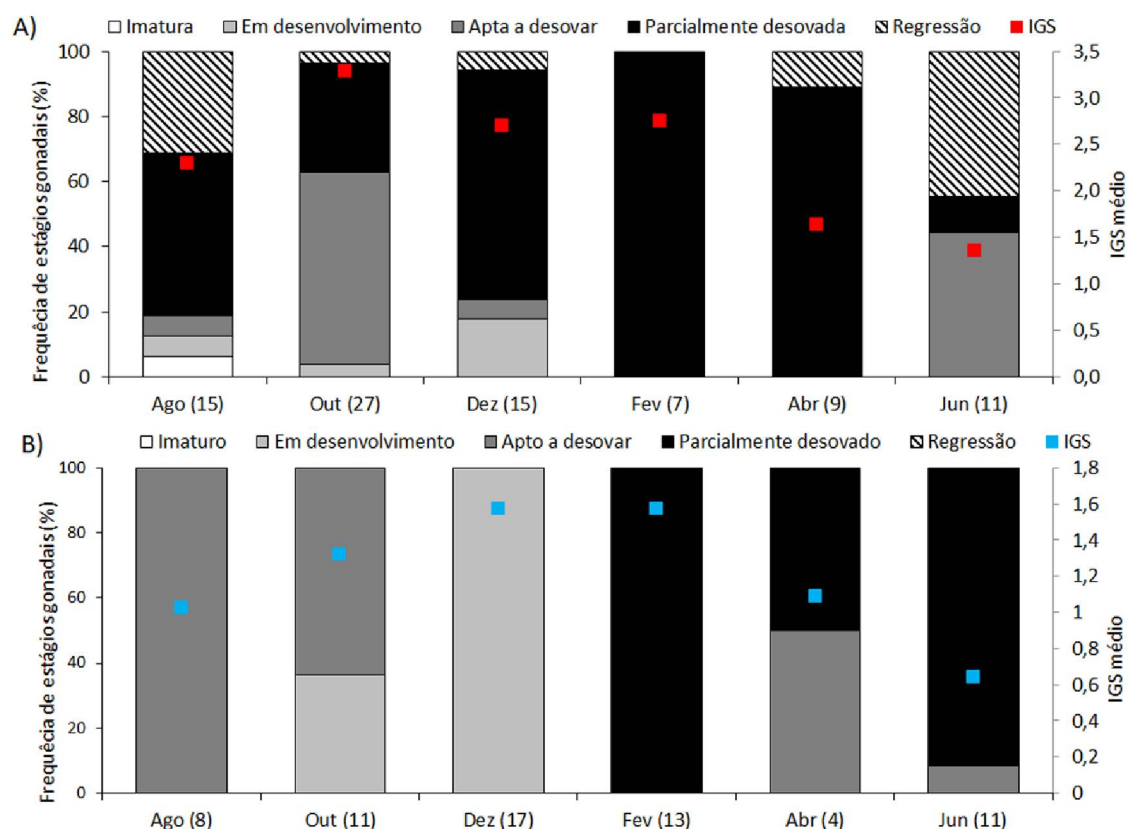




**Figura 4.** Escala de desenvolvimento testicular. Análise microscópica dos testículos de *Menticirrhus americanus* em um ambiente subtropical do Atlântico Sul, sendo: A) Testículo Imaturo – círculo delimita túbulos seminíferos, os quais contém espermatogônias. B) Testículo em Desenvolvimento – os túbulos seminíferos apresentam diferentes tipos celulares da linhagem espermatética. C, D) Testículo Capaz de desovar – túbulos seminíferos, praticamente, repletos de espermatozoides. E) Testículos parcialmente desovados: setas indicando espaços devido a eliminação de espermatozóides.

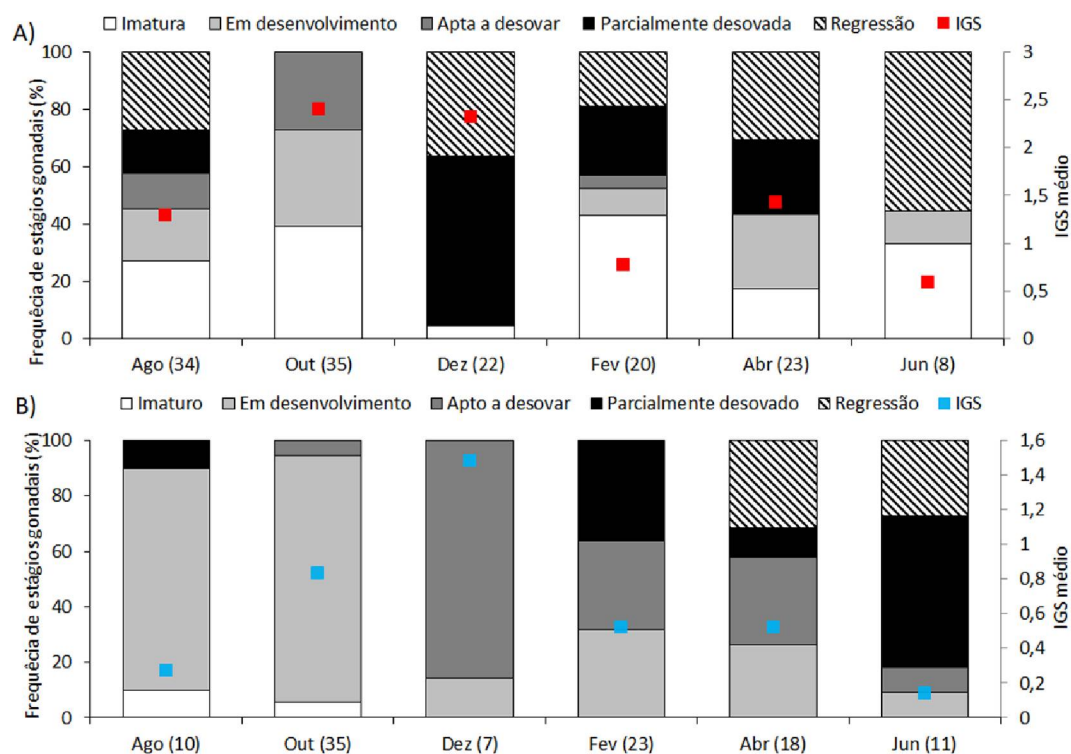
Os valores médios bimestrais do IGS, demonstraram um sincronismo entre machos e fêmeas em ambos locais, com período reprodutivo mais intenso de outubro a fevereiro em Shangri-lá (Figura 5) e entre outubro e dezembro na Ilha do Mel (Figura 6) ocorrendo uma redução do IGS médio a partir de fevereiro em ambos locais.

A frequência relativa dos estádios de desenvolvimento gonadal, realizada a partir da análise histológica, demonstrou que fêmeas em todos os estádios gonadal foram capturadas tanto na Ilha do Mel assim como em Shangri-lá ao longo do período amostral. Contudo, existe um predomínio de fêmeas parcialmente desovadas e em regressão em Shangri-lá entre dezembro e abril diferindo da Ilha do Mel em que estas são maioria em dezembro, abril e junho. Outra variação espacial é a ocorrência de fêmeas imaturas em apenas agosto para Shangri-lá diferindo da Ilha do Mel onde ocorreram fêmeas imaturas em todos meses amostrados (Figura 5A e Figura 6A).



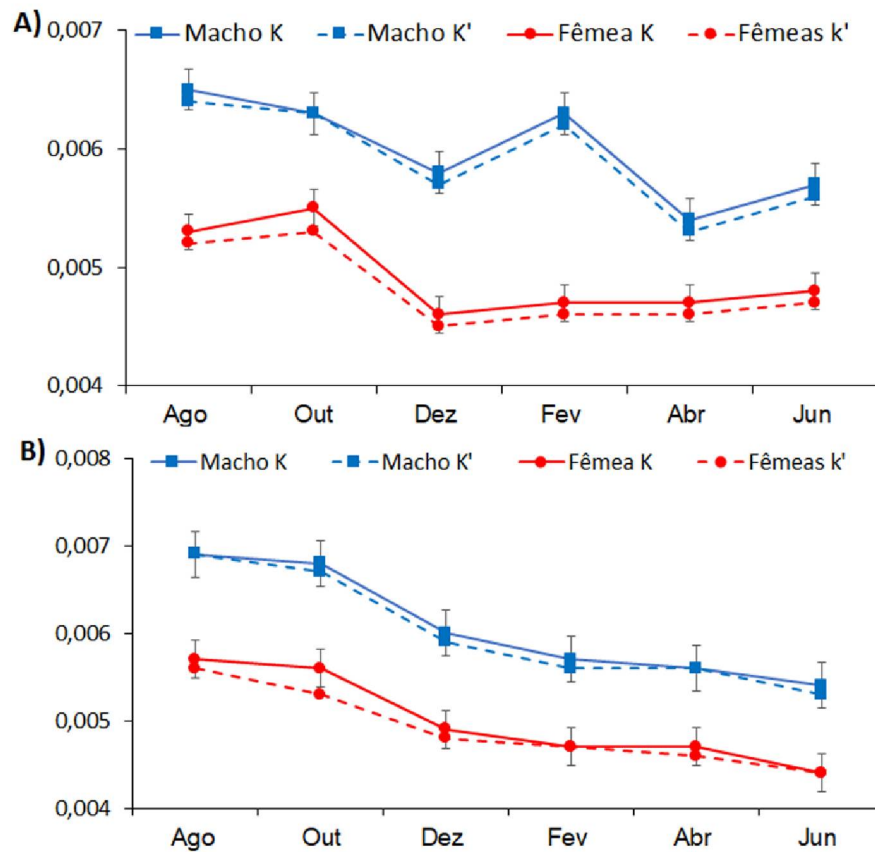
**Figura 5.** Frequência relativa dos estádios gonadais por sexos e índices gonadosomáticos médios mensais coletados em Shangri-lá de A) fêmeas e B) Machos de *Menticirrhus americanus*. Sendo entre parênteses o número de exemplares coletados por mês.

Apenas na Ilha do Mel foram capturados machos imaturos, machos parcialmente desovados e em regressão foram mais frequentes no período de fevereiro a junho. Sendo caracterizados histologicamente por queda no número de espermatozóides, corroborando a diminuição dos valores médios de IGS neste período (Figura 5B e Figura 6B).



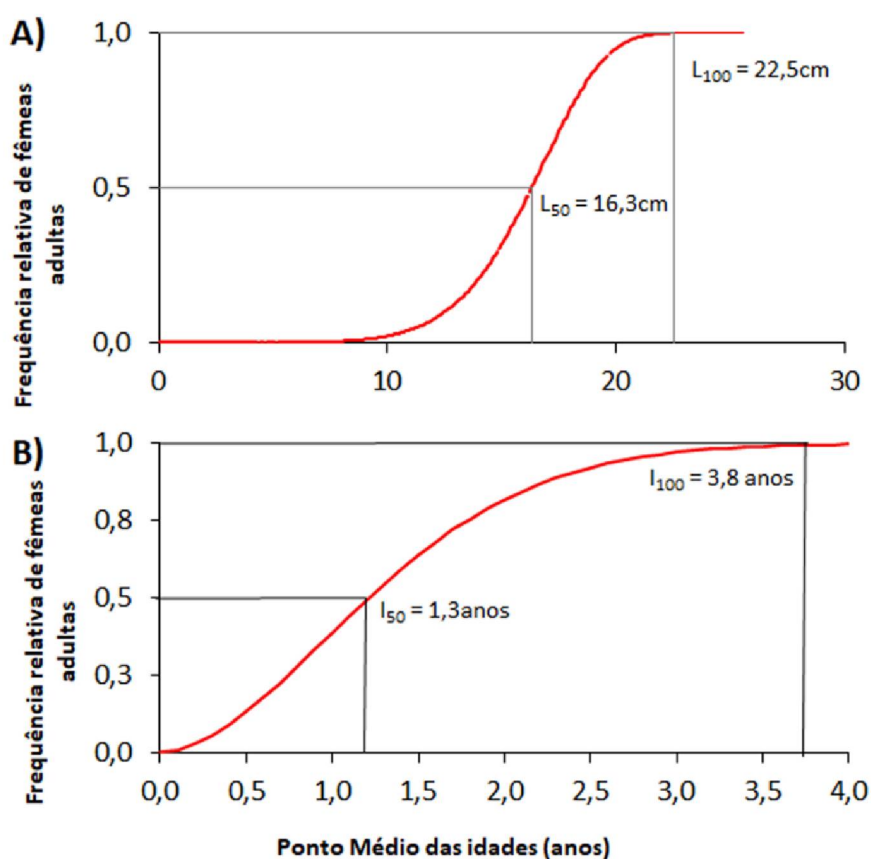
**Figura 6.** Frequência relativa dos estádios gonadais por sexos e índices gonadosomáticos médios mensais coletados na Ilha do Mel de A) fêmeas e B) de *Menticirrhus americanus*. Sendo entre parênteses o número de exemplares coletados por mês.

O fator de condição total (K) e o fator de condição somático (K') apresentaram maiores valores entre agosto e outubro/2015 para machos em ambos locais (Figura 7A e 7B) e ocorrendo maiores valores destes parâmetros em fevereiro apenas em Shangri-lá (Figura 7A). Em Shangri-lá, as fêmeas apresentaram os maiores valores de K e K' em outubro (Figura 7A) e na Ilha do Mel as fêmeas apresentaram valores maiores entre agosto e outubro de K e K' (Figura 7B). O teste t realizado entre o K e K' para fêmeas apenas em Shangri-lá resultou em valores significativos ( $t = 7$ , g.l. = 5,  $p < 0,005$ ) não ocorrendo o mesmo para este parâmetro na Ilha do Mel ( $t = 2,2$ , g.l. = 5,  $p > 0,005$ ). Entretanto, o teste t entre K e K' para machos demonstrou diferenças significativas entre esses parâmetros em Shangri-lá ( $t = 5$ , df = 5,  $p < 0,005$ ) e na Ilha do Mel ( $t = 3,16$ , df = 5,  $p < 0,005$ ).



**Figura 7.** Média e erro padrão do fator de condição (K) e fator de condição somático (K') de machos e fêmeas de *Menticirrhus americanus* coletados bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul. Sendo: A) exemplares coletados em Shangri-lá e B) exemplares coletados na Ilha do Mel.

O  $L_{50}$  para as fêmeas foi 16,3 cm e  $L_{100}$  de 22,5 cm (Figura 8A), a idade média ( $I_{50}$ ) em que 50% das fêmeas são adultas é 1,3 anos e 100% ocorre com 3,8 anos (Figura 8B). Devido ao reduzido número de machos imaturos ( $n=3$ ) não foi possível identificar o comprimento e a idade da primeira maturação para este sexo.



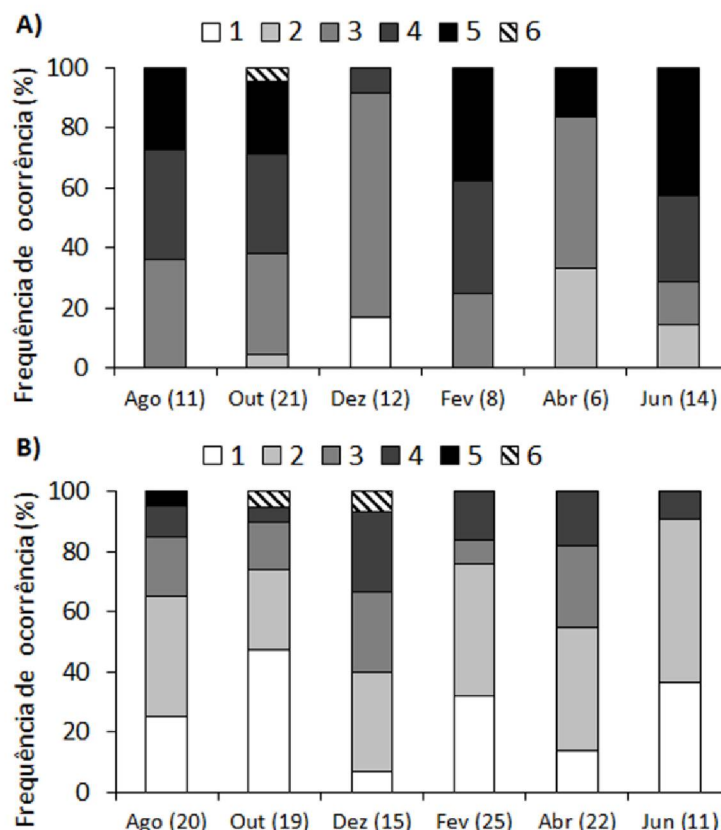
**Figura 8.** A) Comprimento de primeira maturação das fêmeas de *Menticirrhus americanus* e B) idade média das fêmeas de *Menticirrhus americanus* coletadas bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul.

A idade estimada pela contagem dos anéis de *M. americanus* caracterizou a população desta espécie com idades entre 1 e 6 anos com maior ocorrência de indivíduos com idades entre 1 e 3 anos (68%), as fêmeas apresentaram idade máxima de 6 anos e os machos 5 anos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Idade por classes de tamanho em *Menticirrhus americanus* coletadas bimestralmente em um ambiente subtropical do Atlântico Sul.

Intervalo de classe (cm)/ idade (anos)	1	2	3	4	5	6	Total
11-15	15	9					24
16-20	5	21	1	1			28
21-25	2	19	12	15			48
26-30		1	25	11	13	1	51
31-35			1	8	5	1	15
35-40						2	2
Total	22	50	39	35	18	4	168

Em ambos locais foram capturados exemplares com idade entre 1 e 6 anos (Figura 9A e 9b). Porém, ocorre um predomínio de exemplares com idade 3 e 4 anos (63%) em Shangri-lá (Figura 9A). Diferentemente na Ilha do Mel ocorre um predomínio de exemplares entre 1 e 2 anos (66%), sendo capturados em todos os meses indivíduos com 1 ano (Figura 9B).

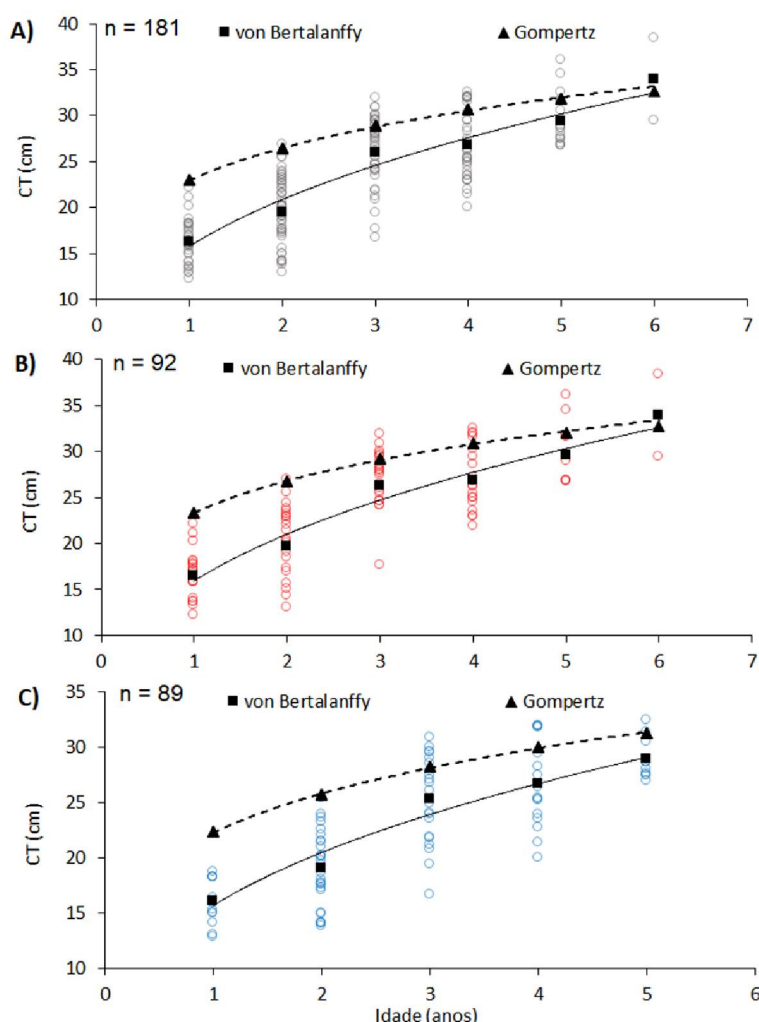


**Figura 9.** A) Frequência de ocorrência mensal das idades de *Menticirrhus americanus* em Shangri-lá e B) frequência de ocorrência mensal das idades de *Menticirrhus americanus* na Ilha do Mel coletadas bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul.

Os modelos de von Bertalanffy e Gompertz resultam em valores distintos dos parâmetros de crescimento para sexos agrupados ( $VB L_{\infty}=38,5$  cm;  $k=0,24$  e  $t_0=-1,21$  e  $GL_{\infty}=34,3$  cm;  $k=0,42$  e  $t_0=-1,18$ ) (Figura 10A), para fêmeas ( $VB L_{\infty}=41,6$  cm;  $k=0,22$  e  $t_0=-1,31$  e  $GL_{\infty}=34,09$  cm;  $k=0,45$  e  $t_0=-1,15$ ) (Figura 10B) e machos ( $VB L_{\infty}=35,4$  cm;  $k=0,26$  e  $t_0=-1,25$  e  $GL_{\infty}=33,9$  cm;  $k=0,41$  e  $t_0=-1,12$ ) (Figura 10C).

A longevidade de Taylor para sexos agrupados é de 11,27 anos, para fêmeas é 12,30 anos e para machos é 10,27 anos. O teste t dos parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy, Gompertz e a longevidade para machos e fêmeas não demonstraram diferenças significativas entre os sexos ( $t=1,37$ , g.l. = 6,  $p>0,05$ ).





**Figura 10.** Curvas de crescimento ajustadas de acordo com os modelos de von Bertalanffy (quadrados) e Gompertz (triângulos) para sexos agrupados (A), fêmeas (B) e machos (C) de *Menticirrhus americanus* coletados bimestralmente em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul.

## Discussão

O estudo de parâmetros biológicos de *M. americanus*, auxilia no entendimento da utilização da área costeira (plataforma continental e estuário) por esta espécie e oferece subsídios para o monitoramento deste recurso, possibilitando a tomada de decisão para um manejo sustentável.

O crescimento alométrico positivo de ambos sexos de *M. americanus* nestas localidades é corroborado por outros estudos, demonstrando que em latitudes subtropicais esta espécie cresce mais longitudinalmente do que em peso (Haluch *et al.* 2011; Passos *et al.* 2012; Dias *et al.* 2014; Vaz-dos-Santos e Gris, 2016). O maior comprimento das fêmeas em relação aos machos foi também evidenciado por outros pesquisadores (Muniz e Chaves, 2008; Haluch *et al.* 2011; Clardy *et al.* 2014), sendo

considerada uma característica frequente em teleósteos (Fávaro *et al.* 2003; Braun e Fontoura, 2004; Santos *et al.* 2015). Isto se relaciona com a necessidade de alocar as gônadas femininas, que são mais volumosas que as masculinas (Vazzoler, 1996). Segundo Alves (*et al.* 2012), fêmeas de *M. americanus* aptas a desovar apresentam um aumento no volume da cavidade celomáticas ficando mais suscetíveis a captura na pesca de emalhe. Devido a isso, as fêmeas estão mais vulneráveis a pesca de emalhe durante os períodos de maior intensidade de desova em relação aos machos podendo causar um desequilíbrio na proporção sexual e no recrutamento desta espécie com o aumento do esforço de pesca com estes petrechos.

Em ambas localidades as fêmeas foram dominantes numericamente principalmente entre agosto e dezembro, com mudança de domínio em fevereiro quando os machos se tornam dominantes. Essa alternância também foi observada por Muniz e Chaves (2008). Em outras espécies pertencentes a família Sciaenidae, observa-se uma predominância numérica de machos isso sugere que variações na proporção sexual é um parâmetro intraespecífico (Braun e Fontoura, 2004; Santos *et al.* 2015).

Os resultados confirmam que a desova é do tipo parcelada com indivíduos em reprodução durante todo o ano em ambos locais. A maior frequência de espécimes em atividade reprodutiva deu-se nos períodos mais quentes (primavera e verão), coincidindo com o período de acréscimo de produtividade primária e secundária na área estudada (Lana *et al.* 2001), favorecendo o sucesso reprodutivo. Assim, nossos resultados são corroborados pelo aumento na abundância de larvas pós-flexão de *M. americanus*, observada por Godefroid *et al.* (2001), durante o outono na mesma área de realização deste estudo.

A determinação do comprimento de primeira maturação é importante para o manejo de recursos pesqueiros, regulamentando o tamanho de malhas permitido para a pesca, evitando que indivíduos imaturos sejam capturados (Santos *et al.* 2015). O comprimento de primeira maturação obtido para fêmeas de *M. americanus*, neste estudo, foi próximo ao calculado por outros autores que atuaram em latitudes semelhantes (Halunch *et al.* 2011; Clardy *et al.* 2014). Entretanto, próximo ao limite meridional de *M. americanus* ocorre um aumento do valor do  $L_{50}$  para ambos sexos sugerindo maturação gonadal tardia influenciada pela menor temperatura da água (Militelli *et al.* 2012;  $L_{50}$  Fêmeas = 22,2). A reduzida captura de exemplares machos imaturos impossibilitou a determinação do  $L_{50}$  para machos neste estudo, isso corrobora que os machos desta espécie maturam com comprimentos médios inferiores que as fêmeas fato este observado para outros cienídeos (Silberschneider *et al.* 2009; Santos *et al.* 2015).



Em relação à determinação da idade, estudos realizados em maiores latitudes obtiveram exemplares com idade máxima inferiores aos observados neste estudo (McDowell e Robillard 2013; Clardy *et al.* 2014), o que pode ser efeito do método amostral que selecionou apenas uma amplitude de idade. Contudo, independente da latitude e método amostral, indivíduos com idade  $\leq 3$  anos foram dominantes nos ambientes analisados sendo a classe etária mais representativa em diferentes populações de *M. americanus* (McDowell e Robillard 2013; Clardy *et al.* 2014). A variabilidade de comprimento dentre as idades de *M. americanus* (tabela 5) indica taxa de crescimento distintas individuais, sendo uma característica de espécies que apresentam desova parcelada devido a demanda energética envolvida no crescimento gonadossomático como observado por outros autores (Santos, *et al.* 2017; Maciel, *et al.* 2018; Soeth, *et al.* 2018). Neste estudo ocorre uma diferenciação espacial do predomínio das idades observadas, predomínio de exemplares mais jovens na Ilha do Mel (1 e 2 anéis etários) e em Shangri-lá domina exemplares mais velhos (3 e 4 anéis etários). É possível sugerir que estas diferenças são um resíduo dos diferentes métodos amostrais utilizados neste estudo.

Segundo Taylor (1959) variações nas taxas de crescimento, longevidade e nos parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy são esperadas ao longo de um gradiente latitudinal, devido as diferentes influências ambientais sofridas pelas espécies, principalmente pela temperatura d'água. Espécies de peixes expostas a temperatura mais baixas em maiores latitudes tendem a crescer mais lentamente do que indivíduos da mesma espécie exposto a maiores temperaturas em menores latitudes. Este fato justifica os diferentes valores dos parâmetros obtidos para *M. americanus*, já que, os diferentes estudos foram realizados em diferentes latitudes (presente estudo - latitude 25°S; Gianini e Paiva-Filho 1992 - latitude 23°S; McDowell e Robillard 2013 - latitude 31°N; Clardy *et al.* 2014 - latitude 30°N). Apesar da influência ambiental, existe um padrão nos valores de  $t_0$  sendo valores negativos em todos estudos (Tabela 1). Quanto menor o valor de  $t_0$  mais rápido é o crescimento nas fases iniciais (King, 1995), isto demonstra que a necessidade de crescer rapidamente independe das forçantes ambientais.

As diferenças obtidas no tamanho, idade e frequência relativa de estágio de vida dos exemplares capturados entre os locais demonstra uma influência da seletividade do método amostral como também observado por Muniz e Chaves (2008) para *M. americanus*. Apesar das diferenças geradas pelos métodos amostrais, nossos resultados sugerem que a presença de indivíduos de todos comprimentos, sexos, idades e estágios de maturação em ambos locais indica uma ausência de diferenciação de uso de habitat. A partir dos nossos resultados é possível afirmar que a pesca de

emalhe praticada no litoral paranaense pode impactar a população de *M. americanus*, já que, as fêmeas aptas a desovar estão mais vulneráveis a este petrecho de pesca na época de maior intensidade de desova.

As estatísticas de desembarque pesqueiro do gênero *Menticirrhus* da região sudeste-sul do Brasil registraram o desembarque, entre 2011 e 2014 de aproximadamente 270 toneladas (ICMBIO; GEP-UNIVALI). Atualmente, estimasse que as capturas dos grandes cienídeos tenham reduzido em aproximadamente 20% em uma década (Chao *et al.* 2015). A possível redução dos estoques dos grandes cienídeos gerará a necessidade de explorar novos recursos pesqueiros e isso pode causar uma sobre exploração do estoque de espécies do gênero *Menticirrhus*. É recomendável a criação de políticas públicas que regulem a pesca de *M. americanus*, já que, atualmente indivíduos jovens e adultos são capturados com diversos tipos de petrecho de pesca desde a pesca industrial até a esportiva (Souza *et al.* 2007; Muniz e Chaves 2008; Cattani *et al.* 2011 Freire *et al.* 2016).

## Conclusão

Nossos resultados sugerem que *M. americanus* utilizam praias estuarinas e praias adjacentes a desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá em todas as fases de vida e reproduzem nestes ambientes. 50% das fêmeas maturam com 16,3 cm e 1,3 anos corroborando assim que a espécie apresenta um ciclo de vida curto, a estrutura etária da população analisada demonstra que fêmeas são mais longevas e maiores em comprimento do que os machos. Devido a aumento da cavidade celomática nos períodos reprodutivos as fêmeas tendem a serem mais capturadas pela pesca de emalhe em relação aos machos.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, P. M. F.; ARFELLI, C. A.; TOMÁS, A. R. G. Selectivity of bottom gillnet of Southeastern Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n.4, 275 – 284. 2012.
- ANDRIGUETTO-FILHO, J.M.; CHAVES, P.T.; SANTOS, C.; LIBERATI, S. A. Diagnóstico da pesca no litoral do estado do Paraná. In: ISAAC, V.J.; MARTINS, A.S.; HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO-FILHO, J.M. *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. Belém: Universidade Federal do Pará, p. 117–140, 2006.
- ANGULO, R. J.; BORZONE, C. A.; NOERNBERG, M. A.; QUADROS, C. J. L.; SOUZA, M. C.; ROSA, L. C. The State of Paraná Beaches. In: Short, A.D., Klein A.H. da F. (eds.), **Brazilian Beach Systems, Coastal Research**, v. 419 -463, 2016.

BORNATOWSKI, H.; BRAGA, R. R.; ABILHÔA, V.; CORRÊA, M.F.M. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 246-263, 2014.

BRAUN, A.S.; FONTOURA N.F. Reproductive biology of *Menticirrhus littoralis* in southern Brazil (Actinopterygii: Perciformes: Sciaenidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 2, p. 31–36, 2004.

BROWN-PETERSON, N.J.; WYANSKI, D.M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B.J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, p. 52–70, 2011.

CAMPANA, S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal Fish Biology** v. 59, p.197–242, 2001.

CARDOSO, L.G.; HAIMOVICI, M. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in southern Brazil. **Fish Research**, v. 111, p.177–187, 2011.

CARMO SILVA, J. P.; COSTA, M. R.; GOMES, I. D.; ARAÚJO, F. G. Gonadal development and fecundity of the smooth weakfish *Cynoscion leiarchus* (Teleostei: Perciformes: Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. **Zoologia**, v. 33, n.6, p.1-9, 2016.

CARVALHO, B. M.; BARRADAS, J. R. S.; FONTOURA, N. F.; SPACH, H. L. Growth of the silverside *Atherinella brasiliensis* in a subtropical estuary with some insights concerning the weight-length relationship. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 1-12, 2017b.

CATTANI, A.P.; SANTOS, L.O.; SPACH, H.L.; BUDEL, B.R.; GONDIM GUANAIS, J.H.D. Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 37, p. 247–260, 2011.

CHANG, W.Y.B. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. **Canadian Journal Fish Aquatic Science** v. 39, p. 1208–1210, 1982.

CHAO, N.L.; FRÉDOU, F.L.; HAIMOVICI, M.; PERES, M.B.; POLIDORO, B.; RASEIRA, M.; SUBIRÁ, R.; CARPENTER, K. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure—extinction risk and conservation of Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology and Conservation**, v. 45, p. 1–10, 2015.

CHAVES, P. T.; ROBERT, M. C. Embarcações, artes e procedimentos da pesca artesanal no litoral sul do estado do Paraná, Brasil. **Atlântica**, v. 25, n.1, 53-59, 2003.

CLARDY, S. D.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S.; LEAF, R.T. Age, growth, and reproduction of Southern Kingfish (*Menticirrhus americanus*): a multivariate comparison with life history patterns in other sciaenids. **Fisheries Bulletin**, v. 112, p. 1–20, 2014.

CORRÊA, K. M.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O. The dynamics of whitemouth croaker fishing by gillnet and pair trawl in Southeastern Brazilian Bight. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, 1019-1027, 2016.

COSTA, E. F. S.; DIAS, J. F.; MURUA, H. Reproductive strategy and fecundity of the keystone species *Paralonchurus brasiliensis* (Teleostei, Sciaenidae): an image processing techniques application. **Environmental Biology Fish**, v. 98, p. 2093- 2108, 2015.

DIAS, J. F.; FERNANDEZ, W. S.; SCHMIDT, T. C.S. Length-weight relationship of 73 fish species caught in the southeastern inner continental shelf region of Brazil. **Latin America Journal Aquatic Research**, v. 42, n.1, 127-136, 2014.

FÁVARO, L.F.; LOPES, S.C.G.; SPACH, H.L. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy e Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 501–506, 2003.

FÁVARO, L.F.; FREHSE, F. A.; OLIVEIRA, R. C.; SCWARZ JR, R. Reprodução do bagre amarelo, *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), da baía de Pinheiros, região esturina do litoral do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n.4, 1022 – 1029, 2005.

FREIRE, K.M.F.; TUBINO, R.A.; MONTEIRO-NETO, C.; ANDRADE-TUBINO, M.F.; BELRUSS, C.G.; TOMAS, A.R.G.; TUTUI, S.L.S.; CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; CATELLA, A.C.; CREPALDI, D.V.; DANIEL, C.R.A.; MACHADO, M.L.; MENDONÇA, J.T.; MORO, P.S.; MOTTA, F.S.; RAMIRES, M.; SILVA, M.H.C.; VIEIRA, J. Brazilian recreational fisheries: current status, challenges and future Direction. **Fisheries Management and Ecology**, 23, 276–290, 2016.

FREITAS, M. O.; PREVIERO, M.; MINTE-VERA, C. V.; SPACH, H. L.; FRANCINI-FILHO, R. B.; MOURA, R. L. Reproductive biology and management of two commercially important groupers in the SW- Atlantic. **Environmental Biology Fish**, v. 101, p. 79- 94, 2018.

FROESE, R.; PAULY, D. *FishBase. World Wide Web electronic publication.* <www.fishbase.org>, version (01/2018).

GEP-UNIVALI Grupo de estudos pesqueiros UNIVALI [www.propesqweb.acad.univali.br](http://www.propesqweb.acad.univali.br)

GIANNINI, R.; PAIVA – FILHO, A.M. Aspectos da bioecologia de *Menticirrhus americanus* (Teleostei - Sciaenidae) na Baía de Santos, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19, p.1–15, 1992.

GODEFROID, R.S.; SANTOS, C.; HOFSTAETTER, M.; SPACH, H.L. Occurrence of Larvae and Juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furnieri* at Pontal do Sul beach, Paraná. **Brazilian Archive of Biology and Technology**, v. 44, p. 411–418, 2001.

GOMES, I.D.; ARAÚJO, F.G. Reproductive biology of two marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in the Sepetiba Bay, Brazil. **Revista Biologia Tropical**, v. 52, p. 143–156, 2004.

GRAÇA – LOPES, R.; TOMÁS, A. R. G.; TUTUI, S. L. S.; SEVERINO RODRIGUES, E.; PUZZI, A. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28, n.2, p. 173 – 188, 2002.

HAIMOVICI, M.; MENDONÇA, J. T. Análise da pesca de peixes e camarões com arrasto de tangones no sul do Brasil - Período 1989-1994. **Atlântica**, v. 18, 143 – 160, 1996.

HAIMOVICI, M.; FREIRE, M.A.; FISCHER, L.; CONCEIÇÃO, W.V. Abundância relativa e tamanhos de teleósteos e cefalópodes em águas costeiras da Plataforma Sul. In *Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil* (Vooren, C. M., Klippel, S. eds). pp. 121–127. Porto Alegre, RS: Igaré 2005.

HAIMOVICI, M.; CARDOSO, L. G.; UNPIERRE, R. G. Stocks and management units of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) in southwestern Atlantic. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 44(5), 1080-1095, 2016.

HALUCH, C.F.; FREITAS, M.O.; CORRÊA, M.F.M.; ABILHOA, V. Variação sazonal e mudanças ontogênicas na dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, p. 347-356, 2009.

HALUCH, C. F.; ABILHOA, V.; FREITAS, M. O.; CORRÊA, M. F. M.; HOSTIM-SILVA, M. Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 24, n. 1, 47-59, 2011.

HUXLEY, J. S. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, v. 14, p. 896–897, 1929.

ICMBIO Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. [www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br)

KING, M. Fisheries biology: assessment and management. Oxford: Fishing Books News. 1995.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: SEELIGER U. KJERFVE B. (eds), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*, Series Ecological Studies. 144, 131-145. Berlin, Springer-Verlag. 2001.

LOWERRE-BARBIERI, S.K.; BROWN-PETERSON, N.J.; MURUA, H.; TOMKIEWICZ, J.; WYANSKI, D.M.; SABORIDO-REY, F. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, p. 32–51, 2011.

LOWERRE-BARBIERI, S. K.; BURNSIED, S. L. W.; BICKFORD, J. W. Assessing reproductive behavior important to fisheries management: a case study with red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Ecological Applications**, v. 26, n.4, p. 979 – 995, 2016.

MACIEL, T. R., VAZ-DOS-SANTOS, A. M., VIANNA, M. Can otoliths of *Genidens genidens* (Cuvier 1829) (Siluriformes: Ariidae) reveal differences in life strategies of males and females? **Environmental Biology Fish**, p. 1- 10, 2018.

MCDOWELL, D.E.; ROBILLARD, E. Life history characteristics and age validation of southern kingfish (*Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758)) in the middle South Atlantic Bight. **Journal Applied Ichthyology**, v. 29, p. 839–846, 2013.

MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO J.L. Manual de peixe marinhos do sudeste do Brasil Teleostei I. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo v. 3, p. 42–59, 1980.

MENEZES, N.A.; BUCKUP, P.A.; FIGUEIREDO, J.L.; MOURA, R.L. Catálogo de espécies de peixes marinhos do Brasil. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MILITELLI, M.I.; MACCHI, G. J.; RODRIGUES, K.A. Comparative reproductive biology of Sciaenidae family species in the Rio de la Plata and Buenos Aires Coastal Zone, Argentina. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, p. 413–423, 2012.

MUNIZ, E.R.; CHAVES, P.T. Condição reprodutiva da betara preta, *Menticirrhus americanus* (Teleostei, Sciaenidae), na pesca realizada no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Science**, v. 30, p. 339–344, 2008.

OGLE, D. H. Introductory fisheries analyses with R. Boca Raton, FL: Chapman e Hall/CRC, Publisher. 2015.

PASSOS, A. C.; SCHWARZ JR, R.; CARTAGENA, B. F. C.; GARCIA, A. S.; SPACH, H. L. Weight-length relationship of 63 demersal fishes on the shallow coast of Paraná, Brazil. **Journal Applied Ichthyology**, v. 28, p. 845–847, 2012.

PITA, A.; CASEY, J.; HANKINS, S.J.; VILLARREAL, M.R.; GUTIÉRREZ, M.J.; CABRAL, H.; CAROCCI, F.; ABAUNZA, P.; PASCUAL, S.; PRESA, P. Conceptual and practical advances in fish stock delineation. **Fisheries Research**, v. 173, p. 185–193, 2015.

POSSAMAI, B.; FÁVARO, L.F. Using mariculture as a breeding site: reproduction of *Hypleurochilus fissicornis* (Actinopterygii: Blenniidae). **Scientia Marina**, v. 79, p. 335–343, 2015.

POSSAMAI, B.; ZANLORENZI, D.; MACHADO, R. C.; FÁVARO, L.F. Length–weight relationships for estuarine fishes in South Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, p. 1–6, 2018.

SANTOS, R.S.; SILVA, J.P.C.; COSTA, M.R.; ARAUJO, G.F. O tamanho de primeira maturação como parâmetro para o estabelecimento de tamanho mínimo de captura para corvina no sudeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 507–518, 2015.

SANTOS, L.O.; CATTANI, A.P.; SPACH, H.L. Ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto para embarcações acima de 45 HP no litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, p. 816–830, 2016.

SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAUJO, G.F. Age and growth of the white croaker *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae) in a coastal area of Southeastern Brazilian Bight. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, p. 1–12, 2017.

SPALDING, M.D.; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A.; FINLAYSON, M.; HALPERN, B.S.; JORGE, M.A.; LOMBANA, A.; LOURIE, S.A.;

MARTIN, K.D.; MCMANUS, E.; MOLNAR, J.; RECCHIA, C.A.; ROBERTSON, J. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, v. 57, p. 573–584, 2007.

SOETH, M., FÁVARO, L. F., SPACH, H. L., DAROS, F. A., WOLTRICH, A. E., CORREIA, A. T. Age, growth, and reproductive biology of the Atlantic spadefish *Chaetodipterus faber* in southern Brazil. *Ichthyological Research*, v. 211, p. 81-90, 2018.

SOUZA, L.M.; CHAVES, P.T. Atividade reprodutiva de peixes (Teleostei) e o defeso da pesca de arrasto no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, p. 1113–1121, 2007.

SOUZA, M.R.; CARNEIRO, M.H.; QUIRINO-DUARTE, G.; SERVO, G.J.M. Caracterização da “mistura” na pesca de arrasto-de-pareilha desembarcada em Santos e Guarujá, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 33, p. 43–51, 2007.

TAYLOR, C.C. Temperature and growth - the Pacific razor clam. *Journal du Conseil Permanent International pour L'exploration de la Mer*, v. 25, p.93-101, 1959.

TURRA, A.; SANTOS, F.B.; BESSA, E.; FERNANDEZ, W.S.; BERNADOCHI, L.C.; DENADAI, M.R. Population biology and diet of the southern kingcroaker *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Sciaenidae) in Caraguatatuba Bay, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal Oceanography*, v. 60, p. 343–252, 2012.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-200. *Neotropical Ichthyology*, v. 3, n.5, 375-386, 2007.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; GRIS, B. Length-weight relationships of the ichthyofauna from a coastal subtropical system: a tool for biomass estimates and ecosystem modelling. *Biota Neotropica*, v. 16, n. 3, 1-6, 2016.

VAZZOLER, A.E.A.M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM/São Paulo: SBI. 1996

VON BERTALANFFY L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws). *Human Biology*, v. 10, p. 79-102, 1968.

## CAPÍTULO II

Variação ontogenéticas e sexuais do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* (Teleostei; Sciaenidae) (Linnaeus, 1758) em ambientes subtropicais



## Abstract

This study aimed to verify variations in the form of the *sagitta* otolith of *Menticirrhus americanus* as to their ontogeny, sex and stage of such structure. Ontogenetically were found significant differences ( $p < 0.05$ ) for all shape indices (aspect ratios, shape factor, rectangularity, ellipticity, relative surface of *sulcus acusticus*) and also in the wavelet of the otolith. The CVA presented a 98.6% correct reclassification of the otolith between interval class. Sexual variations were found in the wavelet and in the relative surface of *sulcus acusticus* index. Between adult females and young females, no was detected differences in the wavelet and rectangularity but significant differences were found in all other shape indices. The CVA presented a 79,6% correct reclassification of the otolith of the sexes and stages of life sampled. Young females and adults females showed highest correct percentage of classification. From the results of the present study it is evident for the first time the ontogenetic and sexual variation in the form of the otolith

Key words: contour, dimorphism, first maturity, sex, Sciaenidae.

## Resumo

O objetivo deste estudo foi verificar variações de forma do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* quanto a sua ontogenia, ao sexo e estágio de vida da referida estrutura. Ontogeneticamente foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para todos índices de forma (razões de aspecto, fator forma, retangularidade, elipticidade, superfície relativa do *sulcus acusticus* e também nos wavelets obtidos dos otólitos. A CVA apresentou 98,6% de reclassificação correta dos wavelets dos otólitos dentre os intervalos de classe. Foram encontradas variações sexuais nos wavelets dos otólitos e no índice da superfície relativa do *sulcus acusticus*. Entre fêmeas adultas e jovens não foram verificadas diferenças nos wavelets e no índice de retangularidade, porém foram encontradas diferenças significativas em todos os outros índices de forma. A CVA apresentou 79,6% de reclassificação correta dos otólitos dentre os sexos e estágios de vida amostrados. Fêmeas jovens e adultas pequenas apresentaram maior porcentagem correta de classificação. A partir dos resultados do presente estudo fica evidente pela primeira vez a variação ontogenética e sexual na forma do otólito de *M. americanus*.

Palavra-chave: contorno, dimorfismo, primeira maturação, sexos e Sciaenidae.

## Introdução

Os otólitos são estruturas de carbonato de cálcio precipitado principalmente como aragonita, presentes no ouvido interno em três pares denominados *sagittae*, *asteriscus* e *lapillus* (Popper *et al.* 2005). Seus padrões morfológicos os tornam uma importante ferramenta taxonômica (Volpedo e Echeverría 2000; Volpedo *et al.* 2017). Desta forma, são úteis em estudos de ecologia trófica de ictiófagos (Bustos *et al.* 2012; Miotto *et al.* 2017), na identificação de estoques pesqueiros através da morfologia e morfometria (Avigliano *et al.* 2015; Zischke *et al.* 2016), padrões de uso de habitat (Avigliano *et al.* 2014; Carvalho *et al.* 2017a), conectividade entre populações (Tanner *et al.* 2013; Davoren e Halden 2014) e idade e crescimento (Vaz-dos-Santos e Rossi-Wongtschowski 2007; Egbert e Rulifson 2017).

Embora os otólitos tenham padrões interespecíficos algumas mudanças morfológicas podem ocorrer influenciadas por diversos fatores fisiológicos ou externos (Volpedo e Echeverría 1999). A reprodução é um dos fatores fisiológicos que podem influenciar na morfologia dos otólitos (Tombari *et al.* 2005; Carvalho e Corrêa 2014). Algumas espécies da família Atheronipsidae após o início do processo reprodutivo desenvolvem uma depressão dorsal no otólito *sagittae* (Tombari *et al.* 2005; Carvalho e Corrêa 2014). Além de diferenças morfológicas entre jovens e adultos também é possível identificar variações nas taxas de crescimento dos otólitos antes e após a primeira maturação (Carvalho *et al.* 2015). A disponibilidade alimentar também pode favorecer diferenças morfológicas dos otólitos dentre espécies (Gagliano e McCormick 2004).

Ainda, em algumas espécies, o processo de biomineralização dos otólitos pode originar diferenças morfológicas e morfométricas entre os sexos (Leguá *et al.* 2013; Mille *et al.* 2015; Bose *et al.* 2016). As diferentes taxas de crescimento corporal entre fêmeas e machos podem influenciar nos padrões morfológicos e morfométricos dos otólitos, essa mudança foi observada em *Micropogonias furnieri* (Bervian *et al.* 2006) e na *Anchoa tricolor* (Carvalho *et al.* 2015) na costa do Atlântico Sul subtropical.

Além dos fatores fisiológicos, citados acima, os fatores ambientais podem influenciar na morfologia e morfometria dos otólitos. A profundidade está relacionada com alterações na área do *sulcus acusticus* permitindo uma maior percepção sonora (Torres *et al.* 2000; Cruz e Lombarte 2004). A salinidade influencia na forma do otólito de *Odontesthes bonariensis* sendo possível identificar processos de salinização do ambiente ou mudança de habitat (Avigliano *et al.* 2012; Avigliano *et al.* 2014). O mesmo processo de mudança de habitat foi evidenciado para a espécie *Anguilla anguilla* (Capoccioni *et al.* 2011). Ainda, foi relatado que amplitudes térmicas nas massas d'água

modificam a forma dos otólitos, em populações expostas a este fator (Lombarte e Leonart 1993; Leguá *et al.* 2013).

Alguns métodos podem ser utilizados para descrever a morfologia e a morfometria dos otólitos (Lombarte e Tuset, 2015). Índices morfométricos auxiliam no entendimento das relações morfométricas entre os peixes e os seus respectivos otólitos (Volpedo e Echeverría 1999, Tuset, *et al.* 2003; Carvalho, *et al.* 2015). A avaliação do contorno dos otólitos pode ser realizada através de distintos métodos como: coordenadas polares (Lombarte e Tuset, 2015), landmarks (Monteiro *et al.* 2005, Carvalho, *et al.* 2015), harmônicos de Fourier (Libungan *et al.* 2015, Bose *et al.* 2016) e wavelets (Sadighzadeh *et al.* 2014, Tuset *et al.* 2015). Segundo Sadighzadeh (*et al.* 2012), os harmônicos de fourier apresentam melhores resultados em espécies filogeneticamente distantes enquanto wavelets são mais eficientes na diferenciação de espécies próximas e identificar variações intraespecíficas.

A morfologia e morfometria do otólito *sagittae* de cienídeos já foi descrita por diversos estudos (Corrêa e Vianna 1992; Volpedo e Echeverría 1999, 2000; Waessle *et al.* 2003; Siliprandi *et al.* 2014). *Menticirrhus americanus*, objeto deste estudo, é uma espécie pertencente à família Sciaenidae amplamente distribuída no Oceano Atlântico Ocidental entre as latitudes 41°N e 51°S (Chao *et al.* 2015). É uma espécie demersal com hábitos bentofágico (Cervigón 1993, Haluch *et al.* 2009), explorada comercialmente pela pesca artesanal, industrial e recreativa (Souza e Chaves 2007; Freire *et al.* 2016), sendo que o valor comercial depende do tamanho do espécime (Souza *et al.* 2007; Carvalho observação pessoal). Estudos prévios fizeram breves descrições morfológicas e morfométrica dos otólitos *sagittae* de *Menticirrhus americanus* (Volpedo 2001; Siliprandi *et al.* 2014; Volpedo *et al.* 2017). Nenhum destes estudos testaram as variações ontogenética, sexuais e estágio de vida na forma do otólito, devido a essa lacuna de conhecimento neste estudo iremos verificar possíveis variações ontogenéticas, sexuais e estágio de vida (fêmeas jovens e adultas pequenas) na forma do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus*.

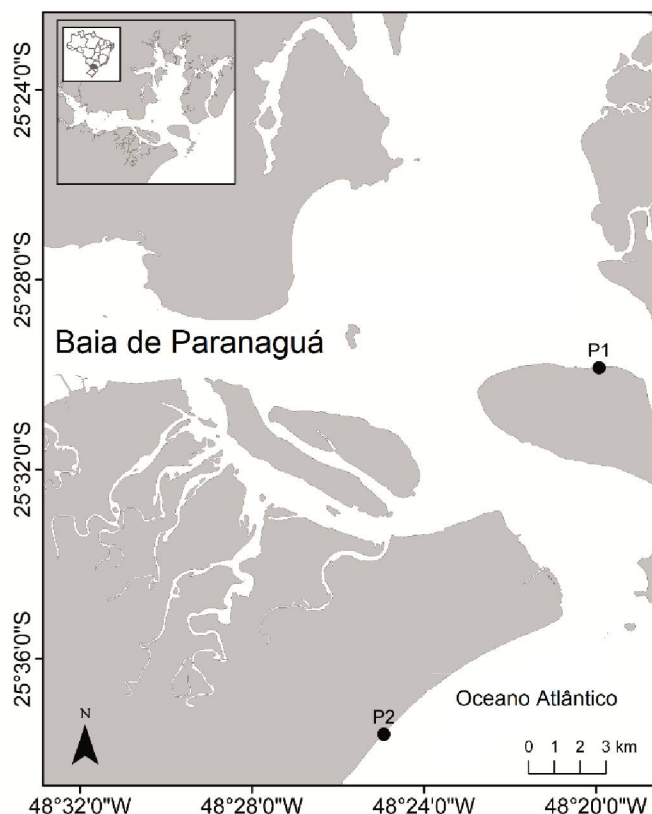
## Material e Métodos

### Área de estudo e amostragem

As amostragens foram realizadas bimestralmente entre agosto de 2015 e fevereiro de 2016 em duas praias. Inicialmente, em uma praia estuarina interna (P1) próxima a desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) foram coletados exemplares utilizando redes do tipo “cambaú” com malhas de 2,5, 4 e 5 cm

entre nós opostos e também foi utilizado para obtenção de exemplares a pesca com anzol. Na praia externa ao estuário (P2), foram adquiridos exemplares da pesca artesanal coletado com redes de emalhe de malha de 6, 7 e 9 cm entre nós opostos. Os pontos amostrais estão inseridos em uma região considerada transicional entre o clima tropical e o temperado (Spalding *et al.* 2007) (Figura 1).

Os espécimes capturados foram identificados, mensurados o comprimento total e o peso total (CT, em milímetros e PT, em gramas, respectivamente), tendo posteriormente os otólitos *sagittae* extraídos, lavados e armazenados a seco. As gônadas foram retiradas, o sexo e o estágio de maturação foram determinados macroscopicamente e confirmados pela análise histológica conforme processo descrito em Possamai e Fávoro (2015).

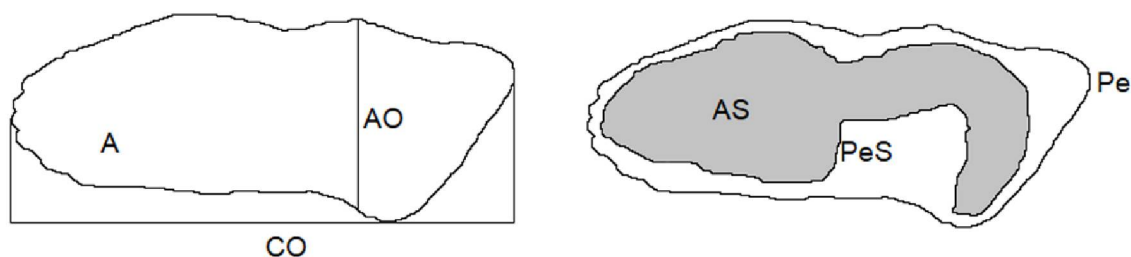


**Figura 1.** Locais de amostragem de *Menticirrhus americanus* em áreas estuarina (P1) e uma praia adjacência (P2) ao estuário no Atlântico Sul Subtropical.

### Morfometria dos otólitos

Os otólitos foram fotografados e a partir das imagens foi classificada a morfologia da face interna quanto: a forma do otólito, abertura do *sulcus acusticus*, rostrum e excisura, tipo de região anterior e posterior (Tuset *et al.* 2008). As mensurações dos otólitos direitos foram realizadas no programa ImageJ sendo estas: comprimento (CO

maior distância longitudinal) e altura (AO - maior distância perpendicular) do otólito, área do otólito (A), a área do *sulcus acusticus* (AS) e perímetro do otólito (P) (Figura 2).

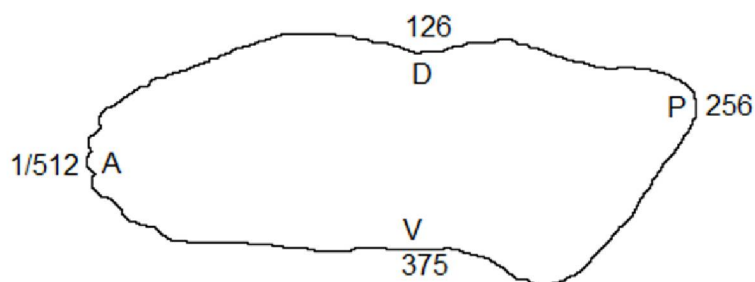


**Figura 2.** Esquema da morfometria linear aplicado aos otólitos direito de *Menticirrhus americanus* coletado em um ambiente subtropical, sendo: CO - comprimento máximo longitudinal, AO - altura máxima perpendicular, A - área do otólito, AS - área dos *sulcus acusticus*, Pe perímetro do otólito e PeS perímetro dos *sulcus acústicus*.

Para verificar as variações ontogenéticas, sexuais e nos estágios de vida foram aplicados os seguintes índices de forma descritos: Razão de Aspecto CO/CT verifica a proporção entre o comprimento do otólito e do peixe, Razão de Aspecto  $(AO/CO) \times 100$  indica se o otólito tende a arredondado ou alongado (Volpedo e Echeverría, 2003), Fator Forma  $[FF = (4\pi \cdot A) / PeS]$  demonstra o quanto irregular é a forma do otólito (Tuset, *et al.* 2003), Rectangularidade  $[Rc = A / (CO \times AO)]$  quanto maior valor mais próximo de um retângulo é a forma do otólito (Volpedo e Vaz dos Santos, 2015), Elipticidade  $[E = (CO - AO) / (CO + AO)]$  demonstra se o otólito cresce mais no eixo antero posterior ou dorso ventral (Tuset, *et al.* 2003) e o índice da Superfície relativa do *sulcus acusticus*  $[SRS = AS / A]$  indica o quanto proporcionalmente a área do *sulcus acusticus* ocupa a área do otólito (Lombarte, 1992).

### Contorno do otólito

Os wavelet são o resultado da expansão de um sinal em uma família de funções que representam as dilatações e translações de uma função mãe (Mallat, 1991), sendo esta:  $\Psi_s(x) = 1/s \Psi(\varphi/s)$ , onde:  $\Psi$  = função com suporte local em uma amplitude limitada no eixo das abscissas;  $\varphi$  = filtro do passo inferior;  $s$  = parâmetro de escala. A análise de wavelet permite identificar semelhanças e/ou diferenças morfológicas como também em qual posição do otólito estas sem encontram, já que, as funções são elaboradas a partir de 512 coordenadas cartesianas, projetadas com distâncias equidistantes ao longo do otólito (Lombarte e Tuset 2015) (Figura 3). A obtenção dos wavelet foi realizada conforme descrito por Parisi-Baradad *et al.* (2010).



**Figura 3.** Contorno do otólito usando 512 coordenadas equidistantes no otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* em um ambiente subtropical: D região dorsal, V região ventral, A região anterior e P posterior do otólito.

### Análise estatística

Para verificar se os dados dos índices de forma são paramétricos foram testadas a normalidade Shapiro-Wilk e a homogeneidade de Bartlett. Caso os valores  $\alpha$  forem superiores a 0,05 foram considerados não paramétricos. O teste de Kruskal-Wallis foi usado para verificar diferenças nos índices de forma entre os intervalos de classe, quando significativo ( $p < 0,05$ ) foi utilizado o teste a posteriori de Conover através do pacote PMCMR para identificar entre quais intervalos de classes os índices variaram significativamente (Pohlert 2016).

Para testar as diferenças sexuais e nos estágios de vida (fêmeas jovens e adultas pequenas) dentre os índices de forma foram selecionados exemplares coletados exclusivamente no P1. Foram selecionadas exemplares de comprimentos similares de fêmeas ( $n = 30$ ; CT média =  $230 \pm 12$  mm) e machos adultos ( $n = 30$ ; CT média =  $222 \pm 16$  mm), fêmeas jovens ( $n = 29$ ; CT médio =  $144 \pm 16$  mm) e fêmeas adultas pequenas ( $n = 29$ ; CT média =  $175 \pm 16$  mm) essa seleção de tamanho similares entre os grupos é para evitar o efeito da alometria nos dados. Para testar possíveis variações nos índices de forma entre machos e fêmeas e entre fêmeas jovens e adultas foi utilizado o teste de Wilcoxon Mann-Whitney.

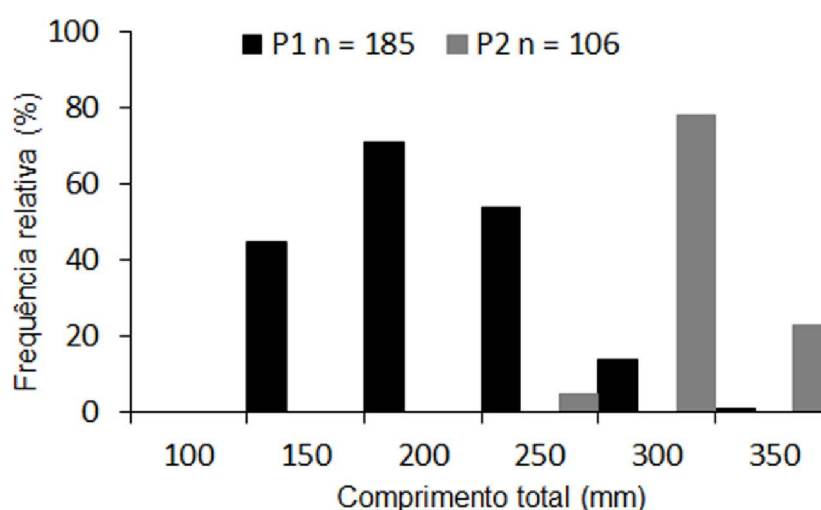
A Análise de Variância Permutacional (PERMANOVA) foi utilizada para identificar variações nos wavelets entre os intervalos de classe. O teste de Bonferroni foi utilizado para identificar entre quais intervalos as interações foram significativas ( $p < 0,05$ ). A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para verificar a variação da forma entre os intervalos de classe dos wavelets obtidos dos otólitos. Posteriormente, com o PCs foi realizada uma análise de variáveis canônicas (CVA) para verificar a porcentagem de reclassificação correta dos otólitos entre os intervalos de classe. O teste de Bonferroni foi utilizado para identificar entre quais intervalos as interações foram significativas ( $p < 0,05$ ) (Linde *et al.* 2004).



Também foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para identificar variações sexuais e nos estágios de vida nos wavelets obtidos dos otólitos selecionados. A CVA para verificar a porcentagem de reclassificação correta dos otólitos entre os e sexos e entre fêmeas jovens e adultas pequenas. O teste de Bonferroni foi usado para verificar entre quais parâmetros estas interações foram significativas ( $p < 0,05$ ). O PCA e a CVA foram realizadas no programa Past e os testes de normalidade, homogeneidade, Wilcoxon Mann-Whitney, Kruskal-Wallis e Conover foram utilizados no programa R.

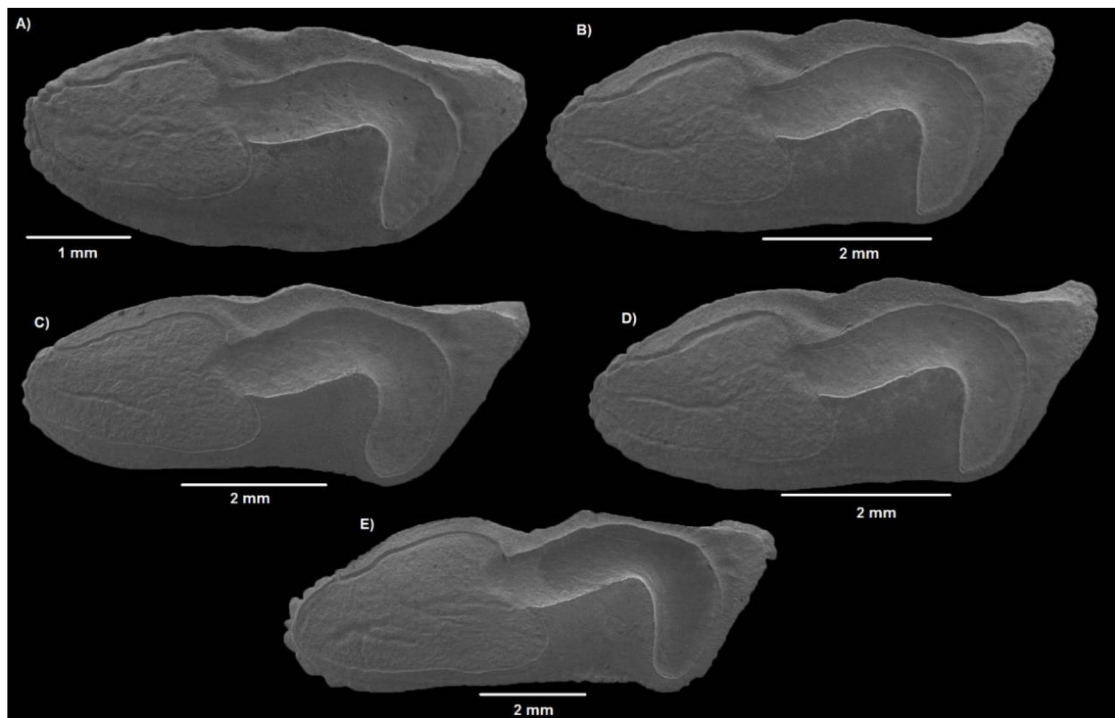
## Resultados

Foram mensurados 291 otólitos de exemplares com CT dos peixes variando entre 120 a 345 mm e PT entre 15,33 a 291 g, os quais foram distribuídos em cinco intervalos de classe de comprimento entre 110 e 350 mm. Os maiores exemplares foram capturados em P2 e os menores no P1 (Figura 4).



**Figura 4.** Distribuição de frequência do comprimento total (mm) dos exemplares de *Menticirrhus americanus* em dois ambientes subtropicais do Atlântico Sul.

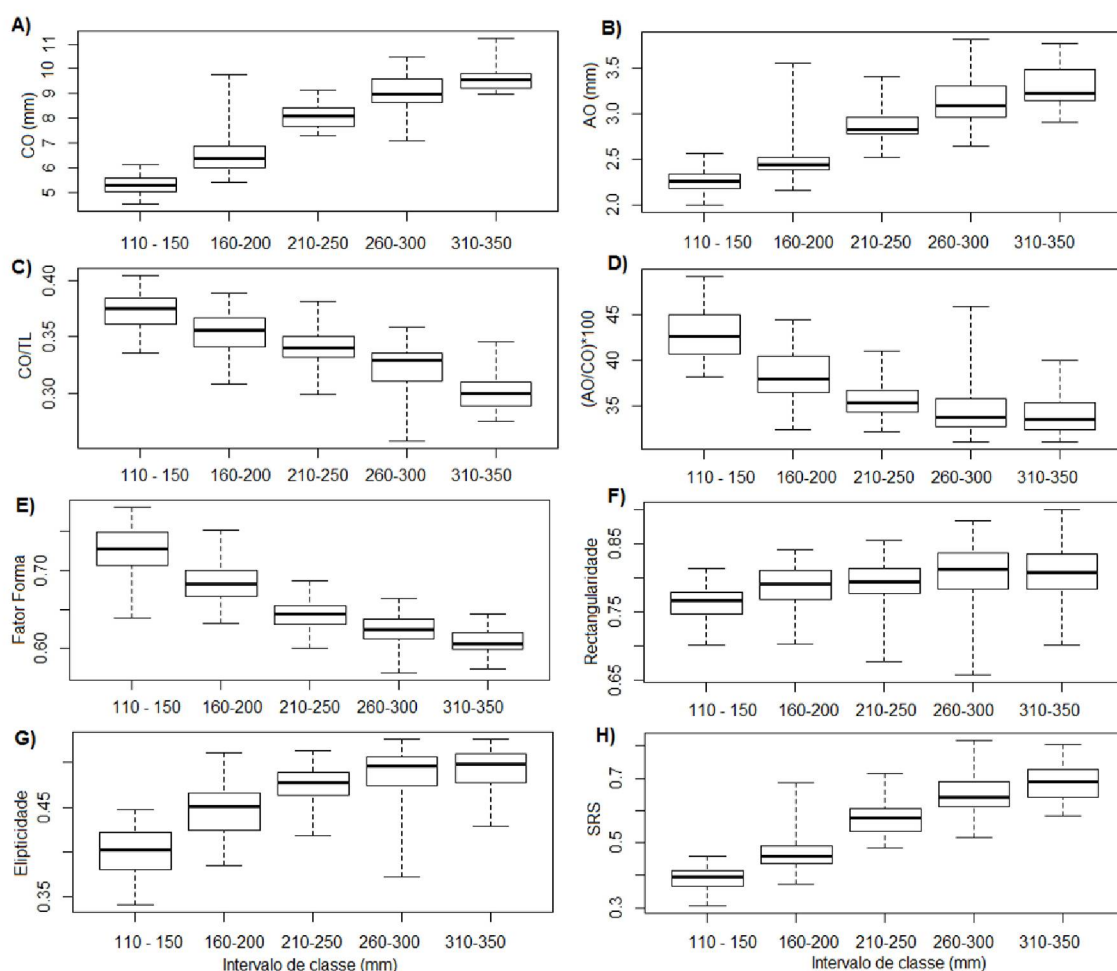
A classificação morfológica do otólito demonstrou que algumas características foram constantes ao longo da ontogenia como: o *rostrum* e a excisura ausentes, o tipo do *sulcus acusticus* foi pseudo-ostial, a região anterior foi arredondada, a região posterior foi pontiaguda e face externa com concreções calcárias em todos intervalos de classe (Figura 5).



**Figura 5.** Micrografia da face interna do otólito *sagitta* direito de *Menticirrhus americanus* ao longo do seu desenvolvimento ontogenético, sendo: A) CT = 132 mm magnificação 52x, B) CT = 169 mm magnificação 42x, C) CT = 214 mm magnificação 36x, D) CT = 285 mm magnificação 42x e E) CT = 333 mm magnificação 26x. Sendo CT o comprimento total dos peixes que foram extraídos os otólitos.

O comprimento e a altura do otólito e os índices elipticidade e SRS apresentaram uma relação positiva e direta com o comprimento do peixe (Figura 6A, B, G e H). Em contrapartida ocorreu o padrão inverso entre comprimento do peixe e o aspecto de forma CO/CT, aspecto de forma  $(AO/CO) \times 100$  e o fator forma (Figura 6C, D e E). O índice rectangularidade apresentou uma tendência de aumento apenas entre os intervalos 110-150 e 160-200 mm, não permanecendo esta tendência de aumento nos intervalos superiores (Figura 6F).





**Figura 6.** Box plot dos parâmetros morfométricos e dos índices morfométricos do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* por intervalo de classe, sendo: A) comprimento do otólito (CO), B) altura do otólito (AO), C) aspecto de forma CO/CT, D) aspecto de forma (AO/CO)\*100, E) fator forma, F) rectangularidade, G) elipticidade e H) superfície do *sulcus acusticus* (SRS). Círculos outiliers.

O teste de Kruskal-Wallis evidenciou diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) entre os parâmetros morfométricos e os índices de forma dentre intervalos de classe, identificando variações ontogenéticas ao longo do crescimento de *M. americanus*. A correção de Bonferroni das interações do teste post-hoc Conover estão demonstradas na tabela 1.

**Tabela 1.** Valores de probabilidade obtidos através do post-hoc de Conover aplicada a correção de Bonferroni dentre os intervalos de classe e os índices morfométricos e o comprimento e a altura dos otólitos *sagittae* de *Menticirrhus americanus* de um ambiente subtropical. Sendo considerado significativo os valores  $p < 0,05$  e  $p < 0,001$ .

Intervalo de classe (mm)	110-150	160-200	210-250	260-300	310-350
160-200	<0,0001				

210-250	<0,0001	>0,05		
260-300	<0,0001	<0,0001	<0,05	
310-350	<0,0001	>0,05	>0,05	>0,05

Na tabela 2 observam-se os parâmetros morfométricos dos peixes, dos otólitos e os índices de forma separados por sexo e estágio de vida. Devido a seleção de tamanho as médias da tabela 2 são similares para machos e fêmeas e fêmeas jovens e fêmeas adultas pequenas.

**Tabela 2.** Parâmetros morfométricos e índices de forma (média  $\pm$  desvio padrão) de *Menticirrhus americanus* de um ambiente subtropical sendo: machos (M, n = 30), fêmeas (F, n = 30), fêmeas jovens (FJ, n = 29) e fêmeas adultas (FA, n = 29), CT comprimento total em mm, CO comprimento dos otólitos em mm, AO altura dos otólitos em mm, aspecto de forma (CO/CT), aspecto de forma [(AO/CO)\*100], fator forma, rectangularidade, elipticidade e superfície relativa do *sulcus acusticus* (SRS).

Sexo	CT(mm)	CO (mm)	AO (mm)	CO/CT	(AO/CO)*100	Factor Forma	Rectangularidade	Elipticidade	SRS
M	222 $\pm$ 16	7,5 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 0,2	0,03 $\pm$ 0,002	36,0 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,02	0,8 $\pm$ 0,02	0,4 $\pm$ 0,02	0,6 $\pm$ 0,04
F	230 $\pm$ 12	7,9 $\pm$ 0,4	2,8 $\pm$ 0,1	0,03 $\pm$ 0,001	35,2 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,01	0,8 $\pm$ 0,02	0,5 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,03
FJ	144 $\pm$ 16	5,3 $\pm$ 0,5	2,3 $\pm$ 0,1	0,04 $\pm$ 0,002	43,1 $\pm$ 0,02	0,7 $\pm$ 0,03	0,8 $\pm$ 0,02	0,4 $\pm$ 0,03	0,5 $\pm$ 0,04
FA	176 $\pm$ 15	6,2 $\pm$ 0,5	2,4 $\pm$ 0,1	0,04 $\pm$ 0,002	39,2 $\pm$ 3,0	0,7 $\pm$ 0,03	0,8 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0,03	0,5 $\pm$ 0,04

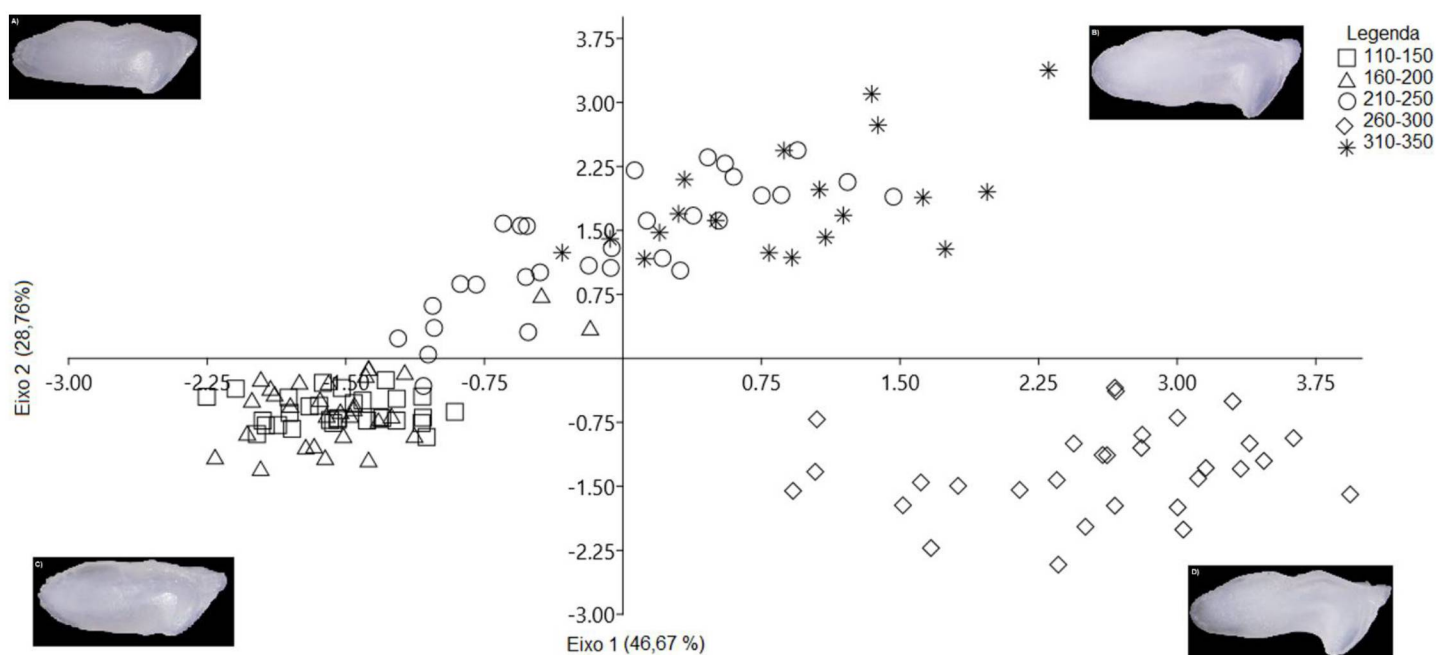
O teste de Wilcoxon Mann-Whitney demonstrou diferenças significativas (W= 545, p = 0,0002) apenas para o SRS entre machos e fêmeas. Para fêmeas adultas pequenas e jovens o teste de Wilcoxon Mann-Whitney entre todos os parâmetros dos otólitos foi significativo, exceto para os índices de rectangularidade (W= 546, p=0,09) e SRS (W= 530, p=0,15).

A reconstrução do contorno dos otólitos, categorizados por intervalos de classe, demonstrou uma elevada variabilidade destes parâmetros entre os diferentes intervalos (Figura 8). A partir da PERMANOVA foram identificadas diferenças significativas entre os contornos dos intervalos de classe (F = 3,32; p < 0,0001). O teste de Bonferroni identificou variação significativa entre todas as interações (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores de probabilidade obtido através da PERMANOVA com a correção de Bonferroni aplicada no contorno dos otólitos de *Menticirrhus americanus* dentre os intervalos de classe aos intervalos de classe. Valores p <0,05 e p <0,001 foram considerados significantes.

Intervalo de classe (mm)	110-150	160-200	210-250	260-300	310-350
160-200	<0,001				
210-250	<0,001	<0,001			
260-300	<0,001	<0,001	<0,001		
310-350	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	

A partir da figura 7, observa-se uma elevada variabilidade de forma dos otólitos ao longo de sua ontogenia. Os otólitos distribuídos ao longo do PC1 tendem de arredondados para alongados, sendo representados pelos intervalos menores nos valores negativos do PC1 (110-150 e 160-200) e nos valores positivos do PC1 estão distribuídos otólitos mais alongados representados pelo intervalo 260-300 com região posterior pontiaguda. No PC2, estão os otólitos mais altos que alongados representados pelos intervalos 210-250 e 310-350 com região posterior arredondada (Figura 7).



**Figura 7.** Diagrama de dispersão da análise de componentes principais do contorno do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* ao longo de sua ontogenia amostrados em dois ambientes subtropicais no Atlântico Sul.

A CVA apresentou 98,6% de reclassificação correta dos otólitos dentre os intervalos de classe amostrados (Tabela 4).

**Tabela 4.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre dentre os intervalos de classe obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação.

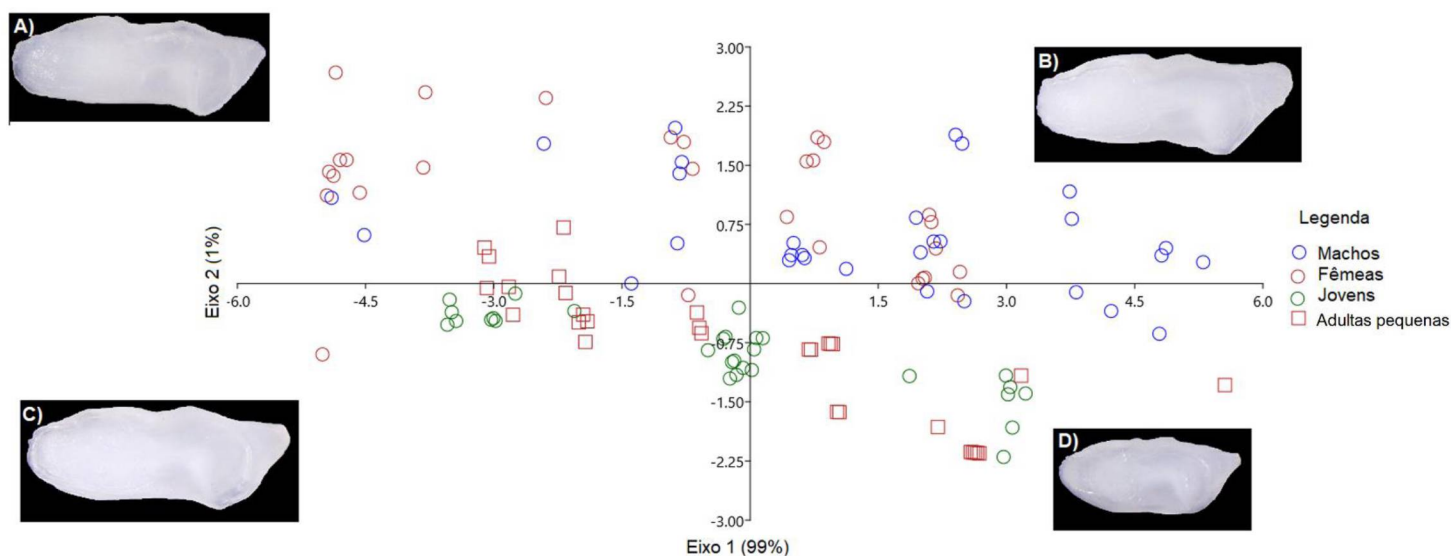
Intervalo	110-150	160-200	210-250	260-300	310-350
110-150	30 (100)	0	0	0	0
160-200	0	30 (100)	0	0	0
210-250	2(6)	0	28 (94)	0	0
260-300	0	0	0	30 (100)	0
310-350	0	0	0	0	19(100)
Total	32	30	28	30	19

O contorno dos otólitos de fêmeas jovens e adultas pequenas demonstra uma variabilidade no wavelet 1, wavelet 4, wavelet 5 e wavelet 6 (Figura 9). Enquanto, os wavelets de machos e fêmeas são distintos principalmente no wavelet 4 (Figura 10). Com a PERMANOVA foram identificadas diferenças significativas entre os contornos dos sexos e estágios vida ( $F = 4,53$ ;  $p = 0,0031$ ). O teste de Bonferroni identificou variação significativa entre os sexos apenas (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores de probabilidade obtido através da PERMANOVA com a correção de Bonferroni aplicada no contorno dos otólitos de *Menticirrhus americanus* entre os sexos e os estágios de vida. Valores  $p < 0,05$  e  $p < 0,001$  foram considerados significantes.

	F	M	Jovens
F			
M	0,01		
Jovens	1	0,07	
Adultas	0,83	0,2	1

O PCA do contorno dos otólitos entre sexos e estágios de vida demonstra uma elevada variabilidade de forma dos otólitos. Fêmeas apresentam região posterior mais pontiagudas (Figura 11A, C, D). Enquanto machos tem região posterior mais arredondadas (Figura 11B). Fêmeas jovens e adultas pequenas apresentam otólitos mais arredondados (Figura 11C, D),

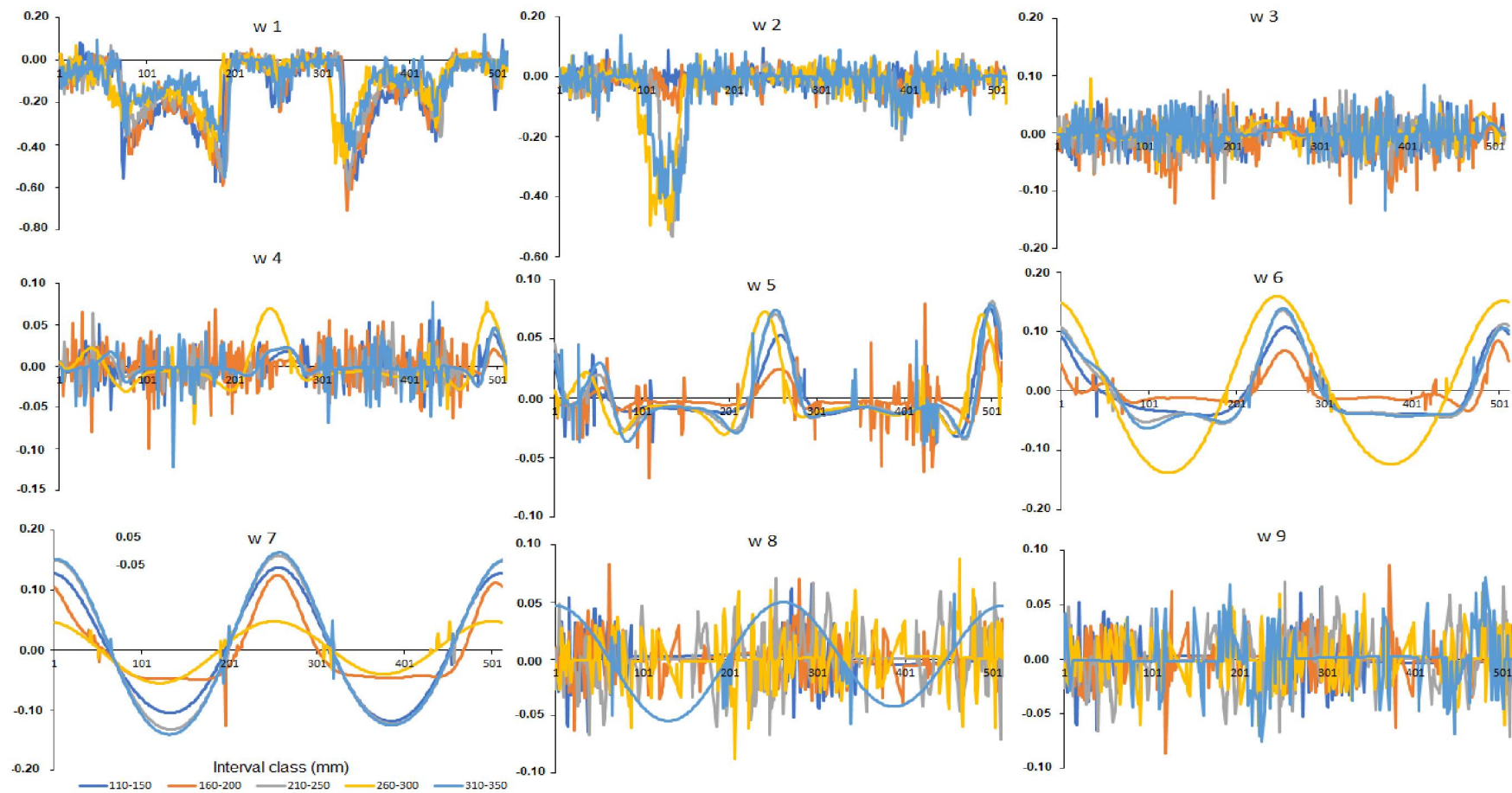


**Figura 11.** Diagrama de dispersão da análise de componentes principais do contorno do otólito *sagitta* de machos (círculos azuis), fêmeas (círculos vermelhos), fêmeas jovens (quadrado verde) e fêmeas adultas pequenas (quadrado vermelho) *Menticirrhus americanus* amostrados em uma praia estuarina de um ambiente subtropical no Atlântico Sul.

A CVA apresentou 79,6% de reclassificação correta dos otólitos dentre os sexos e estágios de vida amostrados. Fêmeas jovens e adultas pequenas apresentaram maior porcentagem correta de classificação (Tabela 6).

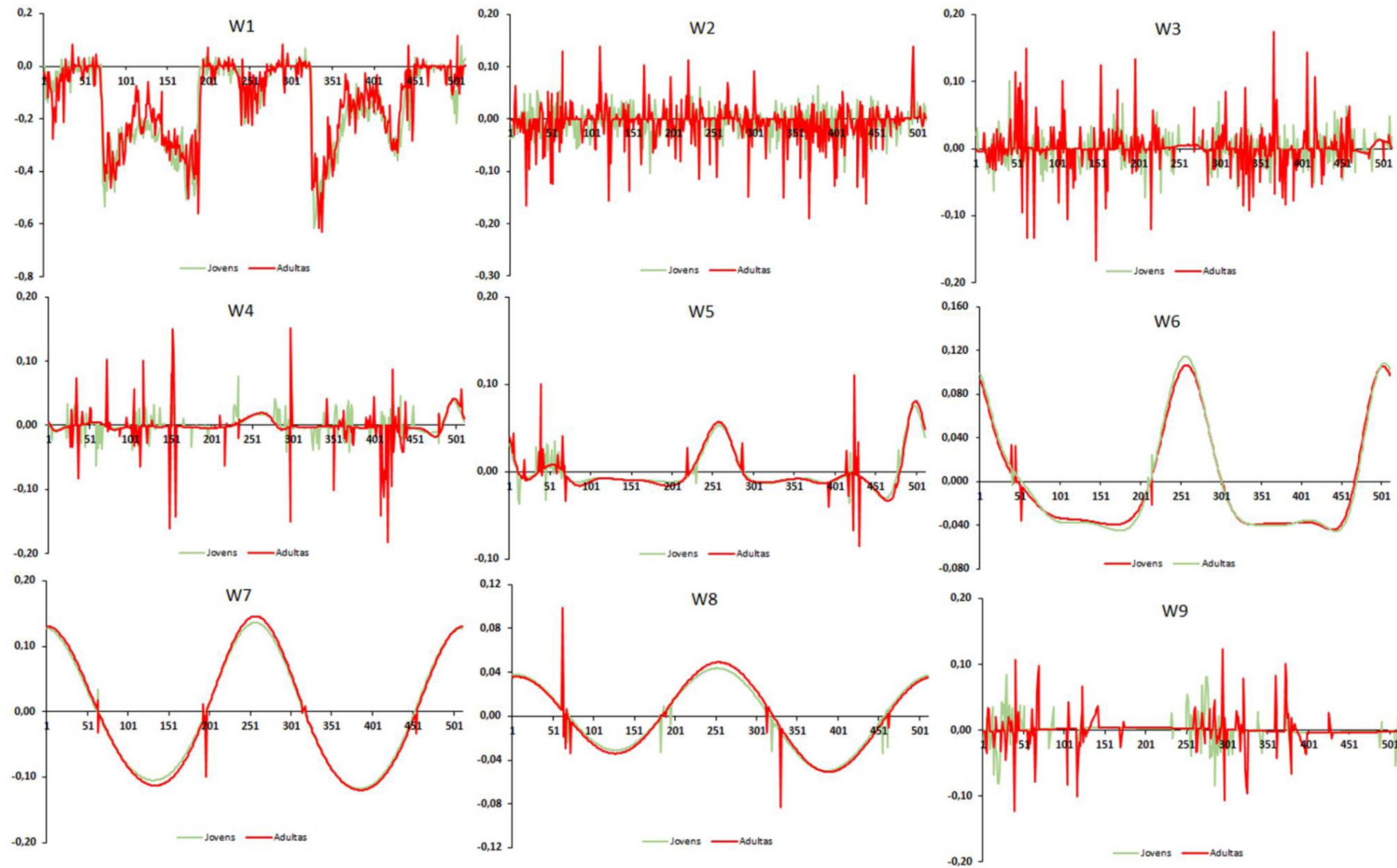
**Tabela 6.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre dentre os sexos e estágios de vida obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação.

	F	M	Jovens	Adultas	Total
F	21(72)	6(21)	1(3)	1(3)	29
M	10(33)	19(63)	1(3)	0	30
Jovens	0	0	27(93)	2	29
Adultas	1(3)	0	2(7)	27(90)	30
Total	32	25	31	30	118



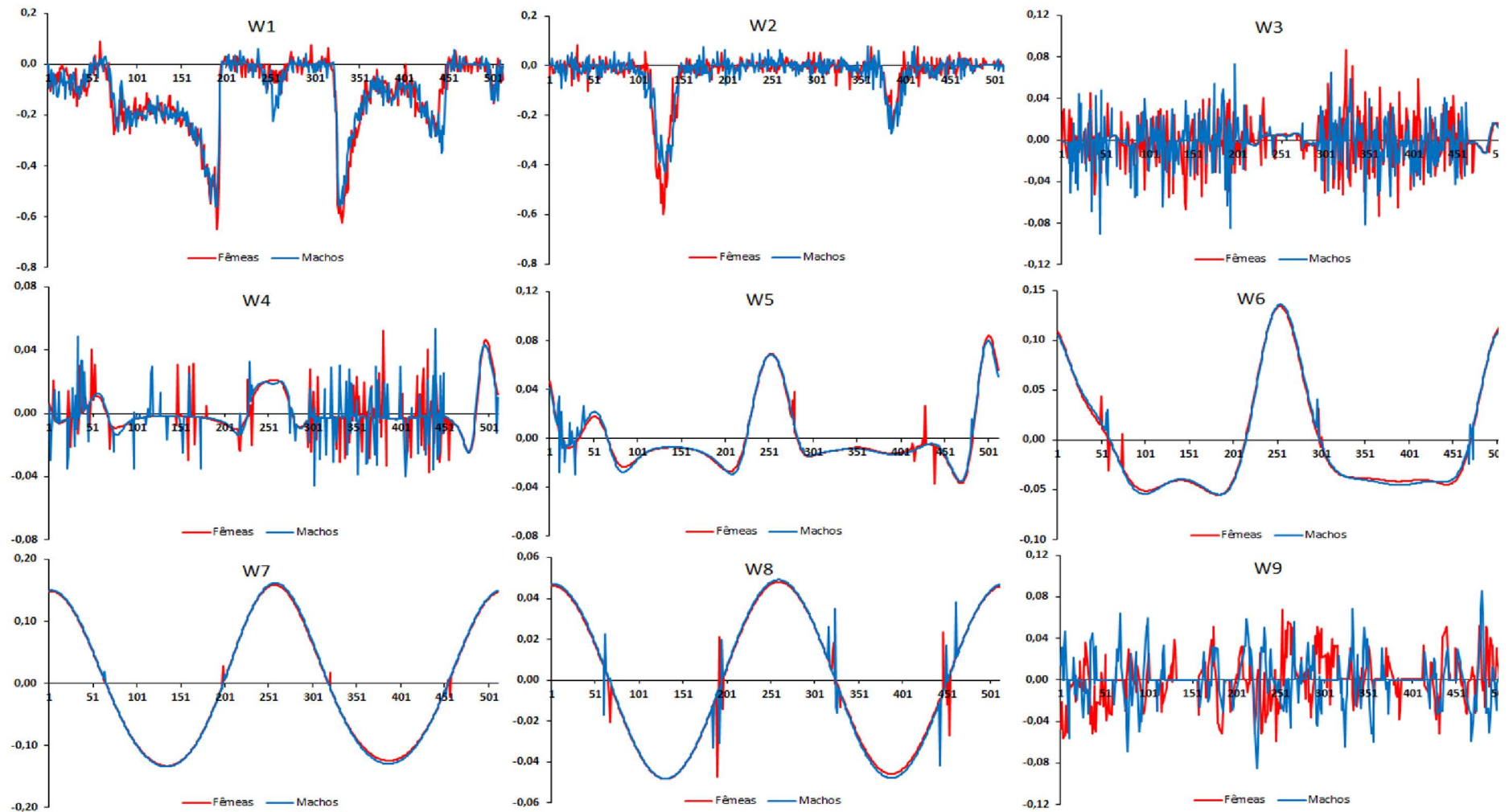
**Figura 8.** Decomposição do contorno dos otólitos *sagittae* de *Menticirrhus americanus*, no eixo x são 512 coordenadas cartesianas do contorno, eixo y são as médias dos pontos. Intervalos de classe: azul escuro 110-150 mm, laranja 160-200 mm, cinza 210 – 250 mm, amarelo 260 – 300 mm e azul claro 310-350 mm.





**Figura 9.** Decomposição do contorno dos otólitos *sagittae* de fêmeas adultas e jovens de *Menticirrhus americanus*, no eixo x são 512 coordenadas cartesianas do contorno, eixo y são as médias dos pontos. Fêmeas jovens são as linhas verde e adultas as linhas vermelha.





**Figura 10.** Decomposição do contorno dos otólitos *sagittae* de fêmeas e machos adultos de *Menticirrhus americanus*, no eixo x são 512 coordenadas cartesianas do contorno, eixo y são as médias dos pontos. Fêmeas são as linhas vermelhas e machos as linhas azuis.

## Discussão

As características morfológicas constantes dos otólitos de *M. americanus* ao longo do seu desenvolvimento ontogenético são: a ausência de *rostrum* e de *excisura*, o tipo de *sulcus acusticus* heterossulcóide e a região anterior arredondada. Estas podem ser consideradas características diagnósticas da espécie, já que, também foram evidenciadas e descritas por outros autores (Volpedo e Echeverría, 2000; Siliprandi, *et al.* 2014; Volpedo *et al.* 2017). A ausência do *rostrum* e da *excisura* indica que *M. americanus* utiliza pouco a coluna d'água para deslocar-se, sendo uma espécie associada ao substrato após o assentamento. Estas características do otólito permitem diferenciar *M. americanus* de espécies que utilizam a coluna d'água, as quais possuem o *rostrum* e *excisura* bem desenvolvidos (Volpedo e Echeverría, 2003; Carvalho *et al.* 2015).

O otólito de *M. americanus* apresentou variações ontogenéticas de forma como também observado para outras espécies marinhas (Volpedo, *et al.* 1999; Vignon, 2012; Carvalho *et al.* 2015). *M. americanus* é uma espécie de crescimento isométrico positivo ( $b > 3$ ) (Dias, *et al.* 2014; Froese e Pauly, 2018) essa característica é corroborada pela mudança de crescimento do otólito, o qual, deixa de crescer no eixo dorsoventral e passa a crescer no eixo anteroposterior como também observado para *Paralichthys brasiliensis*, outra espécie pertencente à família Sciaenidae (Oliveira *et al.* 2009). Segundo Avigliano (*et al.* 2012), otólitos elípticos estão correlacionados com espécies que habitam ambientes mais salinos, como é o caso do otólito de *M. americanus* que possui otólitos elípticos e tem como ambiente preferencial de vida as desembocaduras de estuários e plataforma interna rasa (Barletta, *et al.* 2008).

As variações ontogenéticas dos otólitos indicam características importantes da ecologia de *M. americanus*. Segundo Volpedo e Echeverría (2003), valores no aspecto de forma (OH/OL%) entre 30-50 indicam espécies associadas a substratos inconsolidado, os valores de *M. americanus* para este índice variou entre 35 e 45 demonstrando que a espécie em toda a sua ontogenia está associada a substratos inconsolidado. Essa preferência de *M. americanus* por este tipo de substrato é corroborada pela sua presença na fauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) (Bernardo *et al.* 2011, Cattani *et al.* 2011).

Segundo Volpedo (*et al.* 2008), o índice SRS, descreve o quanto da superfície do otólito entra em contato com a mácula nervosa através do *sulcus acusticus*. A partir desta relação é possível sugerir a capacidade auditiva dos peixes. *M. americanus* apresentou para este índice valor superior ao descrito por Aguirre (2003) para espécies do gênero *Cynoscion*, sugerindo uma maior capacidade auditiva de *M. americanus* em

relação às espécies do gênero *Cynoscion*. Essas diferenças observadas refletem características autoecológicas das espécies. As espécies do gênero *Cynoscion* forrageiam na coluna d'água (Rondineli et al 2007) necessitando de uma maior acuidade visual podendo ter uma menor capacidade auditiva, enquanto *M. americanus* é uma espécie bentofágica (Rondineli et al 2007) associada a ambientes com maior turbidez necessitando de uma maior capacidade auditiva do que visual. Outro fator é a detecção de predadores pela audição (Popper et al., 2005), como *M. americanus* é presa de diversas espécies de predadores de topo inclusive mamíferos marinhos (Di Benedetto e Siciliano, 2007; Bornatowski, et al. 2014; Miotto et al. 2017), a sua audição aguçada o favorece na fuga. Ainda, é importante ressaltar que, uma maior capacidade auditiva facilita no reconhecimento intraespecífico para o processo reprodutivo.

Os otólitos de machos e fêmeas de *M. americanus* demonstraram um dimorfismo sexual tanto no contorno dos otólitos como no índice de SRS. As espécies da família Sciaenidae são conhecidas por terem a capacidade de emitirem som, podendo ser essa emissão de som para a defesa do território ou para a reprodução (Montie, et al. 2015). Em algumas espécies machos e fêmeas emitem sons, porém na época reprodutiva os machos aumentam a intensidade e frequência de emissão (Tellechea, et al. 2011; Parmentier, et al. 2014). Além das diferenças comportamentais, existe distinção morfológica no tamanho do musculo sonoro entre os sexos (Ramcharitar et al., 2006; Tellechea e Norbis, 2012). O dimorfismo sexual nos otólitos de *M. americanus* pode ser resultado da necessidade de captação do som, já que, fêmeas são atraídas até os machos para o acasalamento pela emissão de sons dos mesmos formando agregados reprodutivos. Espécies que formam agregados reprodutivos tornam-se mais suscetíveis a pesca neste período, causando impactos para as futuras cortes e retiradas de indivíduos aptos a desovar.

Assim como *M. americanus* outras espécies de peixes demersais demonstraram dimorfismo sexual no contorno dos otólitos sagittae (Mille, et al. 2015; Bose, et al. 2016). Todavia o reduzido número de estudos que verificam a existência ou não de dimorfismo sexuais nos otólitos de espécies demersais impossibilita concluir que esta seja uma característica de peixes demersais ou intraespecífico.

Tanto os índices de forma como as análises de contorno dos otólitos demonstraram diferenças significativas entre fêmeas jovens e adultas de *M. americanus*, demonstrando a influência do processo reprodutivo na forma dos otólitos das fêmeas de *M. americanus*. O investimento energético no crescimento corpóreo passa a ser reduzido, sendo destinada maior energia ao desenvolvimento ovariano. Uma vez que os ovócitos armazenam nutrientes para suprir as necessidades energéticas nas primeiras fases de vida embrionária e larval, pode ocorrer alterações

nas taxas de deposição de cálcio nos otólitos. Diferenças entre o índice de superfície relativa dos *sulcus acusticus* demonstra que o desenvolvimento desta estrutura está relacionado com a reprodução diretamente.

A partir dos resultados deste estudo é possível concluir que *M. americanus* apresenta uma variação ontogenética da forma do otólito. Ocorre um dimorfismo sexual entre os otólitos de fêmeas e machos adultos sugerindo que essas variações sexuais estejam relacionadas com a captação do som para a formação de agregados reprodutivos. Os estágios de vida também demonstraram diferenças na forma dos otólitos sugerindo uma influência da reprodução e do crescimento somático nesta estrutura.

#### Referências Bibliográficas

- AGUIRRE, W. E. Allometric growth of the sulcus in *Cynoscion spp.* (Sciaenidae). **Journal of Fish Biology**, v. 63, p.341–1346, 2003.
- ALVITRES-CASTILLO, V.R. Estudo sobre a biologia e ciclo de vida de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Ubatuba 23°30'S – Cananéia 25°05'S, São Paulo). São Paulo, 150 p. (Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo) 1986.
- AVIGLIANO, E.; TOMBARI, A.; VOLPEDO, A. V. ¿EL otolito de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), refleja el estrés ambiental? **Biología Acuática**, p. 1-7, 2012.
- AVIGLIANO, E.; MARTINEZ, C. F. R.; VOLPEDO, A. V. Combined use of otolith microchemistry and morphometry as indicators of the habitat of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater–estuarine environment. **Fisheries Research**, v. 149, p. 55–60, 2014.
- AVIGLIANO, E.; COMTE, G.; ROSSO, J.J.; MABRAGAÑA, E.; PAOLA, D.R.; SANCHEZ, S.; VOLPEDO, A.; ROSSO, F. D.; SCHENONE, N. F. Identificación de stocks pesqueros de la corvina de río (*Plagioscion ternetzi*) de los ríos Paraguay y Paraná, mediante el análisis morfométrico de sus otólitos. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 43, n. 3, p. 718-725, 2015.
- BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U.; AMARAL, C. S.; CORRÊA, M. F. M.; GUEBERT, F.; DANTAS, D. V.; LORENZI, L. Factors affecting seasonal variations in fish assemblages at an ecocline in a tropical–subtropical mangrove fringed estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, p. 1314–1336, 2008.
- BERNARDO, C.; SPACH, H. L.; SCHWARZ JUNIOR, R.; STOIEV, S. B.; CATTANI, A. P. A captura incidental de cienídeos em arrasto experimental com rede-de-portas utilizada na pesca do camarão-sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, no estado do Paraná, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 44, n.2, p. 98 – 105, 2011.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F.; HAIMOVICI, M. Statistical model of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). **Journal of Fish Biology**, v. 68, p. 196–208, 2006.

BORNATOWSKI, H.; BRAGA, R. R.; ABILHÔA, V.; CORRÊA, M.F.M. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 246-263, 2014.

BOSE, A. P. H.; ADRAGNA, J. B.; BALSHINE, S. Otolith morphology varies between populations, sexes and male alternative reproductive tactics in a vocal toadfish *Porichthys notatus*. **Journal of Fish Biology**, p. 1-15, 2016.

BUSTOS, L.R.; DANERI, G.A.; HARRINGTON, A.; VARELA, E.; VOLPEDO, A.V. The diet of the South American tarsea lion (*Otaria flavescens*) at Río Negro, Patagonia, Argentina, during the winter-spring period. **Iheringia Série Zoológica**, v. 102, p. 394-340, 2012.

CARVALHO B.M.; CORRÊA M.F.M. Morphometry of the *sagitta* otolith from *Atherinella brasiliensis* (Quoy and Gaimard, 1824) (Actinopterygii - Atherinopsidae), at the coast of Paraná. **Revista Tropical Oceanography**, v. 42, p. 54-59, 2014.

CARVALHO, B.M.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; SPACH, H.L.; VOLPEDO, A.V. Ontogenetic development of the *sagittal* otolith of the anchovy, *Anchoa tricolor*, in a subtropical estuary. **Scientia Marina**, v. 79, p. 409-418, 2015.

CARVALHO, B. M.; VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SPACH, H. L. Use of otolith microchemistry as an indicator of the habitat of *Anchoa tricolor* (Spix e Agassiz, 1829) in a subtropical estuary. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, p. 457-465, 2017a.

CARVALHO, B. M.; BARRADAS, J. R. S.; FONTOURA, N. F.; SPACH, H. L. Growth of the silverside *Atherinella brasiliensis* in a subtropical estuary with some insights concerning the weight-length relationship. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 1-12, 2017b.

CATTANI, A.P.; SANTOS, L.O.; SPACH, H.L.; BUDEL, B.R.; GONDIM GUANAIS, J.H.D. Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão setebardas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 37, p. 247–260, 2011.

CHAO, N.L.; FRÉDOU, F.L.; HAIMOVICI, M.; PERES, M.B.; POLIDORO, B.; RASEIRA, M.; SUBIRÁ, R.; CARPENTER, K. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure—extinction risk and conservation of Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology and Conservation**, v. 45, p. 1–10, 2015.

CORRÊA, M.F.M.; VIANA, M.S. Catálogo dos otólitos *sagitta* de Sciaenidae (Osteichthys - Perciformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. **Nerítica**, v. 7, p. 13–41, 1992.

DAVOREN, G. K.; HALDEN, N. M. Connectivity of capelin (*Mallotus villosus*) between regions and spawning habitats in Newfoundland inferred from otolith chemistry. **Fisheries Research**, v. 159, p. 95-104, 2014.

DIAS, J. F.; FERNANDEZ, W. S.; SCHMIDT, T. C.S. Length-weight relationship of 73 fish species caught in the southeastern inner continental shelf region of Brazil. **Latin America Journal Aquatic Research**, v. 42, n.1, 127-136, 2014.

DI BENEDITTO, A. P. M.; SICILIANO, S. Stomach contents of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia guianensis*) from Rio de Janeiro, south-eastern Brazil. **Journal Marine Biology Assocation UK**, v. 87, p. 253–254, 2007.

EGBERT, M. E.; RULIFSON, R. A. Age and growth, reproductive biology, and histology in Atlantic needlefish (*Strongylura marina*) in a coastal freshwater lake. **Marine and Freshwater Research**, p. 1-11, 2017.

FREITAS, T. M. S.; ALMEIDA, V. H. C.; MONTAG, L. F. A.; FONTOURA, N. F. Predicting size at first sexual maturity from length/weight relationship: a case study with an Amazonian catfish. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, n.4, p. 1-8, 2016.

FROESE, R.; PAULY, D. *FishBase. World Wide Web electronic publication.* <www.fishbase.org>, version (01/2018).

HALUCH, C. F.; ABILHOA, V.; FREITAS, M. O.; CORRÊA, M. F. M.; HOSTIM-SILVA, M. Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 24, n. 1, 47-59, 2011.

HUXLEY, J. S. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, v. 14, p. 896–897, 1929.

LEGUÁ, J.; PLAZA, G.; PÉREZ, D.; ARKHIPHIN, A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 3, 479-489, 2013.

LIBUNGAN L. A.; ÓSKARSSON G.J.; SLOTTE, A.; JACOBSEN J.A.; PÁLSSON S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, p.1377–1395, 2015.

LINDE, M.; PALMER, M.; GOMEZ-ZURITA, J. Differential correlates of diet and phylogeny on the shape of the premaxilla and anterior tooth in sparid fishes (Perciformes: Sparidae). **Journal of Evolutionary Biology**, v. 17, p. 941–952, 2004.

LOMBARTE, A. Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. **Environmental Biology Fishes**, v. 33, p. 405-410, 1992.

LOMBARTE, A.; TUSET, V.M. Morfometria de otólitos. In: VOLPEDO, A.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações. CAFB-BA-PIESCI. Buenos Aires. 2015.

MALLAT, S. Zero crossings of a wavelet transform. **IEEE Trans. Inf. Theory** v. 37, p. 1019–1033, 1991.

MILLE, T.; MAHE, K.; VILLANUEVA, M.C.; DE PONTUA H.; ERNANDE, B. Sagittal otolith morphogenesis asymmetry in marine fishes. **Journal Fish Biology**, v. 87, n.3, p. 646–663, 2015.

MIOTTO, M.; CARVALHO, B. M.; SPACH, H. L. Does the closed fishing season influence the ichthyofauna consumed by *Larus dominicanus*? **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, p. 9-18, 2017.

MONTEIRO, L. R.; DI BENEDITTO, A. P. M.; GUILLERMO, L. H.; RIVERA, L. A. Allometric changes and shape differentiation of *sagitta* otoliths in sciaenid fishes. **Fisheries Research**, v. 74, p. 288 – 299, 2005.

MONTIE, E. W.; VEGA, S.; POWELL, M. Seasonal and spatial patterns of fish sound production in the May River, South Carolina. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 144, p. 705–716, 2015.

OLIVEIRA, M. DE A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; MONTEIRO, L. R. Variação geográfica na forma e nas relações alométricas dos otólitos *sagitta* da maria-luiza *Paralichthys brasiliensis* (Steindachner, 1875) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral norte do Rio de Janeiro (21° S – 23° S), Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n.3, p. 475 – 485, 2009.

PARMENTIER, E.; TOCK, J.; FALGUIÉRE, J. C.; BEAUCHAUD, M. Sound production in *Sciaenops ocellatus*: Preliminary study for the development of acoustic cues in aquaculture. **Aquaculture**, v. 432, p. 204–211, 2014.

PARISI-BARADAD, V.; MANJABACAS, A.; LOMBARTE, A.; OLIVELLA, R.; CHIC, Ò.; PIERA, J.; GARCÍA-LADONA, E. Automatic Taxon Identification of Teleost fishes in an otolith online database. **Fisheries Research**, v. 105, p. 13-20, 2010.

POHLERT, T. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). R package. <http://CRAN.R-project.org/package=PMCMR> 2016.

POPPER, A. N.; RAMCHARITAR, J.; CAMPANA, S. E. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. **Marine and Freshwater research**, v. 56, p. 497 – 504, 2005.

POSSAMAI, B.; FÁVARO, L.F. Using mariculture as a breeding site: reproduction of *Hypleurochilus fissicornis* (Actinopterygii: Blenniidae). **Scientia Marina**, v. 79, p. 335–343, 2015.

RAMCHARITAR, J.; GANNON, D.P.; POPPER, A.N. Bioacoustics of Fishes of the Family Sciaenidae (Croakers and Drums). **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 135, p. 1409–1431, 2006.

RONDINELI, G. R.; BRAGA, F. M. S.; TUTUI, S. L. S.; BASTOS, G. C. C. Dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) e *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant e Bocourt, 1883) (Pisces, Sciaenidae) no sudeste do Brasil, Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 2, p. 221 – 228, 2007.

SANTOS, R. S.; AZEVEDO, M.C. C.; ALBUQUERQUE, C. Q.; ARAÚJO, F. G. Different *sagitta* otolith morphotypes for the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in the Southwestern Atlantic coast. **Fisheries Research**, v. 195, p. 222-229, 2017.

SADIGHZADEH, Z.; TUSET, V.M.; VALINASSAB, T.; DADPOUR, M. R.; LOMBARTE, A. Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of *Lutjanus spp.* from the Persian Gulf. **Marine Biology Research**, v. 8, p. 802-814, 2012.

SADIGHZADEH, Z.; VALINASSA, T.; VOSUGI, G.; MOTALLEBI, A. A.; FATEMI, M.R.; LOMBARTE, A.; TUSET, V.M. Use of otolith shape for stock identification of John's



snapper, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. **Fisheries Research**, v. 155, p. 59–63, 2014.

SILIPRANDI, C.C.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; BRENHA, M.R.; GONSALES, S.A.; SANTIFICETUR, C.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M. Atlas of marine bony fish otoliths (*sagittae*) of southeastern - southern Brazil Part II: Perciformes (Carangidae, Sciaenidae, Scombridae and Serranidae). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, p. 28–101, 2014.

SPALDING, M.D.; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A.; FINLAYSON, M.; HALPERN, B.S.; JORGE, M.A.; LOMBANA, A.; LOURIE, S.A.; MARTIN, K.D.; MCMANUS, E.; MOLNAR, J.; RECCHIA, C.A.; ROBERTSON, J. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, v. 57, p. 573–584, 2007.

TANNER, S. E.; REIS-SANTOS, P.; VASCONCELOS, R. P.; FONSECA, V. F.; FRANÇA, S.; CABRAL, H. N.; THORROLD, S. R. Does otolith geochemistry record ambient environmental conditions in a temperate tidal estuary? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 441, p. 7–15, 2013.

TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W.; OLSSON, D.; FINE, M. L. Calls of the black drum (*Pogonias cromis*: Sciaenidae): geographical differences in sound production between northern and southern hemisphere populations. **Journal of Experimental Zoology**, v. 315, p. 48–55, 2011.

TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W. Sexual Dimorphism in Sound Production and Call Characteristics in the Striped Weakfish *Cynoscion guatucupa*. *Zoological Studies*, v. 51, n. 7, p. 946–955, 2012.

TOMBARI, A.D.; VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Desarrollo de la *sagitta* en juveniles y adultos de *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) y *O. bonariensis* (Valenciennes, 1835) de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Teleostei: Atheriniformes). **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 78, p. 623–633, 2005.

TUSET, V.M.; LOZANO, I.J.; GONZALEZ, J.A. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). **Journal Applied Ichthyology**, v. 19, p. 88–93, 2003.

TUSET, V.M.; LOMBARTE, A.; ASSIS, C.A. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. **Scientia Marina**, v. 72, n. S1, p. 7–198, 2008.

TUSET, V. M.; IMONDI, R.; AGUADO, G.; OTERO-FERRER, J. L.; SANTSCHI, L.; LOMBARTE, A.; LOVE, M. Otolith Patterns of Rockfishes from the Northeastern Pacific. **Journal of Morphology**, v. 276, p. 458–469, 2015.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 in the Brazilian South-Southeast Region during 1996–200. *Neotropical Ichthyology*, v. 3, n.5, 375–386, 2007.

VIGNON, M. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 420, p.26–32, 2012.

VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Morfología de los otolitos *sagittae* de juveniles y adultos de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Sciaenidae). **Revista Ciencias Marina Thalassas**, v. 15, p. 19-24, 1999.

VOLPEDO, A. V.; ECHEVERRÍA, D. D. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. Buenos Aires: Editorial Dunken, v. 1, p. 90, 2000.

VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRIA, D.D. Ecomorphological patterns of the saggita in fish on the continental shelf off Argentina. **Fisheries Research**, v. 60, p. 551-560, 2003.

VOLPEDO, A.V.; TOMBARI A. D.; ECHEVERRÍA, D.D. Eco-morphological patterns of the *sagitta* of Antarctic. **Polar Biol**, p.1-6, 2008.

VOLPEDO, A.V.; BIOLÉ, F. G.; CALLICÓ FORTUNATO R. G.; TOMBARI A. D.; THOMPSON, G. A. Otolitos de peces de la costa bonaerense. In: VOLPEDO, A. V.; THOMPSON, G. A.; AVIGLIANO, E. Atlas de otólitos de Peces de Argentina. CAFP-BA-PIESCI. Buenos Aires. 2017.

VOLPEDO, A. V.; THOMPOSN, G. A.; AVIGLIANO, E. Atlas de Otolitos de peces de Argentina. CAFP-BA PIESCI, 2017.

WAESSLE, J. A.; LASTA, C. A.; FAVERO, M. Otolith morphology and body size relationships for juvenile Sciaenidae in the Río de la Plata estuary (35-36°S). *Scientia Marina*, v. 67, n. 2, 233-240, 2003.

ZAR, J.H. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall. p. 947, 2010.

ZISCHKE, M. T.; LITHERLAND, L.; TILYARD, B.R.; STRARFORD, N. J.; JONES, E.L.; WANG, Y.G. Otolith morphology of four mackerel species (*Scomberomorus* spp.) in Australia: Species differentiation and prediction for fisheries monitoring and assessment. **Fisheries Research**, v. 176, p. 39-47, 2016.

### CAPÍTULO III

Inferindo a conectividade entre habitats para *Menticirrhus americanus* na costa sudoeste do Atlântico: uma abordagem baseada no contorno do otólito

## Abstract

The objective of this study is to identify possible phenotypic variations and check for the morphotype differentiation between the population that inhabits the estuaries and the continental shelf, from the contour of the *sagitta* otolith of *Menticirrhus americanus*. A total of 311 specimens were collected in estuarine and continental shelf environments between latitudes 23°S and 36°S in the Southwest Atlantic. From the reconstruction of the contour, it is observed a high variability in the posterior and ventro-posterior region of the otolith. The analysis canonical variables correctly reclassified only 34.1% of the otoliths between the sampled environments. Differently, the analysis of canonical variables per habitat correctly classified 78.1% of the otoliths for the estuarine environment and 58.2% of the otoliths for the continental shelf. From the results obtained it is possible to affirm that the otoliths of *M. americanus* present two distinct morphotypes one estuarine and the other related to the continental shelf, suggesting a resident population in the estuaries and a population that makes a displacement between the estuarine environment and the continental shelf.

Key-words: continental shelf, estuaries, migrations, morphotypes, otolith shape.

## Resumo

Os objetivos deste estudo é identificar, a partir do contorno do otólito *sagitta*, possíveis variações fenotípicas e a ocorrência de diferenciação de morfotipos entre a população de *Menticirrhus americanus* que habita os estuários e a plataforma continental. A partir dos 311 exemplares de *M. americanus*, obtidos em diferentes pontos amostrais (entre as latitudes 23°S e 36°S) nos ambientes estuarinos e de plataforma continental, deu-se a reconstrução do contorno dos otólitos. As análises revelaram uma elevada variabilidade na região posterior e ventro-posterior do otólito. A análise de variáveis canônica reclassificou corretamente 34,1% dos otólitos entre os ambientes amostrados. Diferentemente, a análise de variáveis canônicas por habitat (estuário e plataforma) reclassificou corretamente 78,1% dos otólitos para o ambiente estuarino e 58,2% dos otólitos para a plataforma. A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que os otólitos de *M. americanus* apresentam dois morfotipos distintos um estuarino e o outro relacionada a plataforma, sugerindo uma população residente nos estuários e uma população que realiza um deslocamento entre o ambiente estuarino e a plataforma.

Palavras chaves: estuários, forma do otólito, migração, morfotipo, plataforma continental.

## Introdução

Os estuários são ambientes transicionais que conectam corpos d'água continentais com o oceano (Laegdsgaard e Johnson 2001; Naglekerken, 2009). Estes ambientes apresentam variações sazonais e diurnas nos seus parâmetros ambientais como: temperatura, salinidade, turbidez e profundidade, sendo esses parâmetros influenciados pelas marés e pelo aporte de águas continentais (Miranda, *et al.* 2002). Apesar das constantes mudanças físicas e químicas, os estuários são ambientes de elevada produtividade primária possibilitando a ocorrência de uma grande diversidade de espécies (Fonseca e Neto 2006; Passos *et al.* 2013; Barbosa-Lima *et al.* 2017; Domit *et al.* 2017; Lana *et al.* 2018). Diferentemente, a plataforma continental apresenta uma maior estabilidade nos parâmetros físicos e químicos com uma reduzida influência sazonal dos estuários (Castro e Miranda, 1998; Rossi-Wongtschowski e Madureira, 2006; Mahiques *et al.* 2010).

Os estuários e a plataforma estão conectados pelo fluxo de organismos em diferentes fases ontogenéticas (Able 2005; Ray 2005) e diversos estudos demonstram a importância da conectividade entre estes ambientes para diferentes espécies de peixes (Duarte *et al.* 2008; Reis-Santos, *et al.* 2013; Avigliano e Volpedo 2013; Mai *et al.* 2014; Carvalho *et al.* 2017). Como exemplos, podemos citar: *Mugil liza*, *Genidens barbatus*, *Platichthys flesus* e *Dicentrarchus labrax*. A espécie *Mugil liza* faz deslocamento entre águas estuarinas e oceânicas (Callicó-Fortunato *et al.* 2017), *Genidens barbatus* revelou elevada plasticidade fisiológica utilizando ambientes dulcícola, estuarino e marinho (Avigliano *et al.* 2017), *Platichthys flesus* e *Dicentrarchus labrax* migram entre estuários e a plataforma continental na costa portuguesa, preferencialmente quando juvenis (Reis-Santos *et al.* 2013). Ainda, dentre as várias espécies de peixes de importância comercial, espécies da família Sciaenidae, importante recurso pesqueiro no litoral brasileiro, também apresentam comportamentos migratórios entre estuários e plataforma continental (Thorrold *et al.* 2001; Albuquerque *et al.* 2012; Childs *et al.* 2015).

A família Sciaenidae é composta por 270 espécies que variam de pequeno a grande porte (10-200 cm de comprimento) (Chao, 1978; Chao *et al.* 2015). A maioria das espécies habitam águas rasas próximas a desembocadura de estuários (<50 m de profundidade) (Odell *et al.* 2017), podendo ser longevas ou de ciclo de vida mais curto (Ross 1989; Waggy *et al.* 2006; Cardoso e Haimovici 2011; Morat *et al.* 2017). As espécies da família Sciaenidae são comercialmente exploradas no mundo (FAO 2016). No Atlântico Sudoeste o desembarque anual de cieniídeos alcança 140 toneladas (FAO 2011), representando na costa brasileira 22% do desembarque total marinho (Chao *et al.* 2015). Entre 2011 e 2014 na costa sudeste-sul brasileira foram desembarcadas 270

toneladas de espécies do gênero *Menticirrhus* (ICMBIO; GEP-UNIVALI), que além de ser explorado comercialmente ainda é alvo de pesca recreativas e do by catch da pesca do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) (Souza e Chaves 2007; Freire *et al.* 2016).

A espécie *Menticirrhus americanus*, objeto deste estudo, é amplamente distribuída no Atlântico Sul entre as latitudes 41°N e 51°S (Chao *et al.* 2015) apresenta hábito alimentar carnívoro bentofágica (Rondineli *et al.* 2007; Haluch *et al.* 2009) e pode alcançar até 50 cm de comprimento total (Cervigón 1993), sendo considerada uma espécie estuarina dependente (Harding e Chittenden 1987). Através de análises mitocondriais Freitas (*et al.* 2017) identificaram três populações na costa do Atlântico Sul (entre as latitudes 1°S e 36°S), sendo: duas na costa brasileira (costa norte-nordeste e costa sudeste-sul) e uma terceira isolada na costa argentina.

Este estudo teve como objetivo estabelecer, através do contorno do otólito, o grau de variabilidade fenotípica do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* ao longo da costa sudeste-sul do Brasil e norte da Argentina e verificar se ocorre conectividade entre os indivíduos que habitam a desembocadura de estuário e plataforma continental interna rasa.

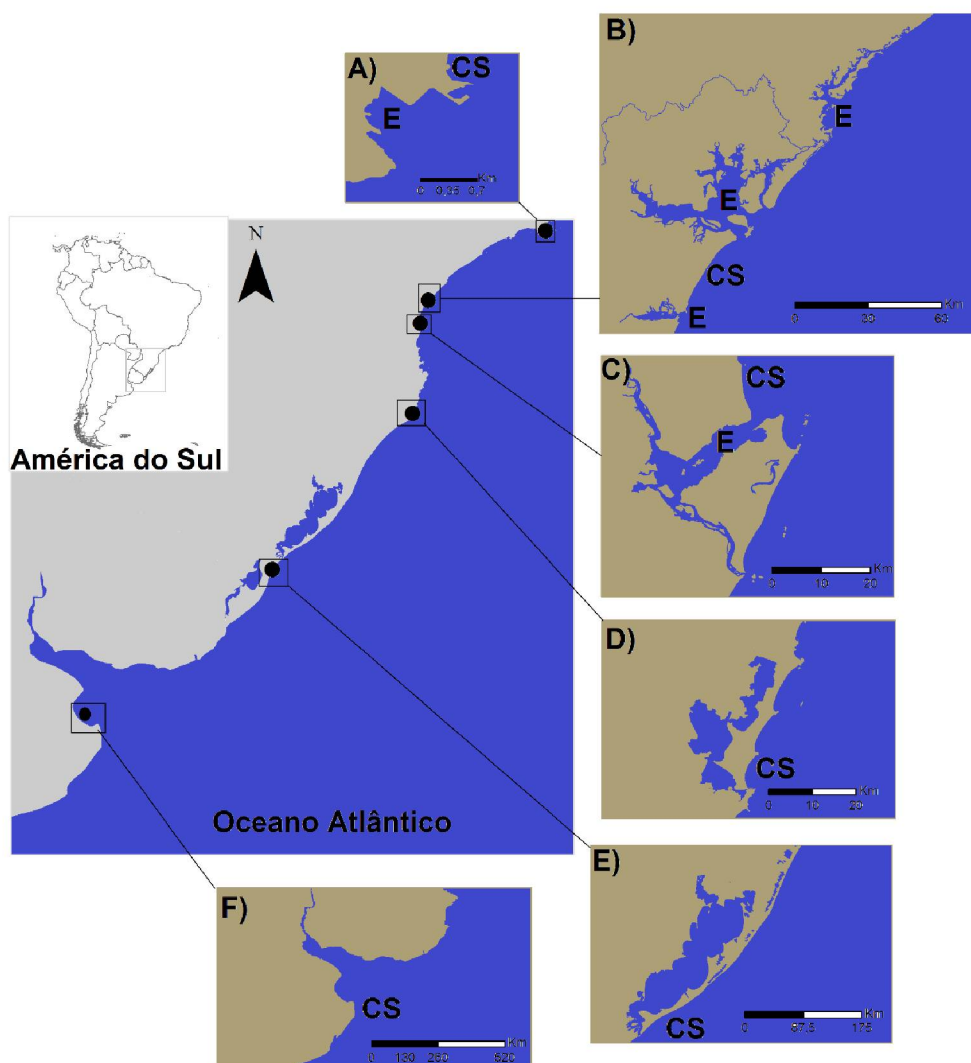
## Material e Métodos

### Área de estudo

Os exemplares de *Menticirrhus americanus* foram coletados, entre janeiro e maio de 2016, nos ambientes de desembocadura de estuários (E) e plataforma interna rasa (P), na costa sudeste-sul do Brasil e norte da Argentina, em seis pontos amostrais localizados entre as latitudes 23° e 36°S (Figura 1, Tabela 1).

Na latitude 23°S (Figura 1A) foi amostrada a desembocadura da Baía do Araçá que é caracterizada pela ausência de grandes aportes fluviais continentais com os processos hidrodinâmicos dominado pela maré (Dottori *et al.* 2015), enquanto na plataforma continental rasa desta latitude ocorre uma relevante ressurgência nos meses de dezembro a fevereiro (Dottori *et al.* 2015; Siegle *et al.* 2017). Entre as latitudes 25°S e 26°S estão distribuídos quatros estuários (Figura 1B, 1C) que influenciam a plataforma interna rasa sazonalmente devido ao pequeno aporte fluvial de seus rios (Tabela 1). Nos pontos amostrais localizados nas latitudes 25° e 26°S (Figura 1B, 1C) os estuários são caracterizados por extensos manguezais e são responsáveis por exportarem sazonalmente águas menos salinas e matéria orgânica para a plataforma continental adjacente (Dias *et al.* 2016; Rocha *et al.* 2017). Na plataforma interna rasa ocorre uma

elevada produtividade primária durante o verão, favorecendo um acréscimo da biomassa da macrofauna bentônica neste período (Brandini *et al.* 2018). Na latitude 28°S (Fig. 1D) o ponto amostral é influenciado por eventos sazonais. No verão ocorre uma ressurgência sazonal e no inverno uma significativa influência da pluma do Rio da Plata (Campos *et al.* 2013). O ponto amostral na latitude 32°S (Fig. 1E) se caracteriza por exportar matéria orgânica e águas menos salinas para a plataforma continental (Burrage *et al.* 2008). Na latitude 36°S (Fig. 1F), na costa da Argentina, a plataforma interna rasa é influenciada pela pluma do estuário da La Plata, o qual influência até a latitude 27°S durante o inverno e em anos de El Niño alcança a latitude 25°S (Piola *et al.* 2005).



**Figura 1.** Locais de amostragem de exemplares de *Menticirrhus americanus* ao longo do Atlântico Sul. A) Localização dos pontos amostrais na latitude 23°S, B) na latitude 25°S, C) na latitude 26°S, D) na latitude 28°S, E) na latitude 32°S e F) na latitude 36°S. Sendo: CS – plataforma e E – estuários.



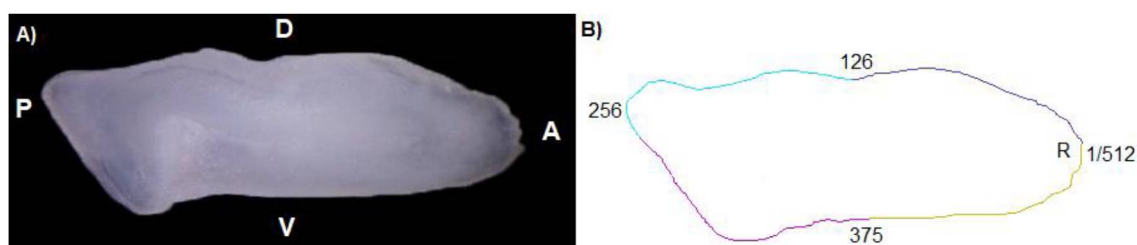
**Tabela 1.** Caracterização ambiental dos locais de amostragem de *Menticirrhus americanus*, entre as latitudes 23°S e 36°S no Atlântico Sul.

Latitude	Estuários	Precipitação média anual (mm)	Descarga fluvial média anual (m <sup>3</sup> /s)	T°C	Salinidade
23°S	Baía do Araçá	1200 (CEBIMAR, 2018)	Sem dados disponíveis	15-28 (Siegle <i>et al.</i> 2017)	32-35 (Siegle <i>et al.</i> 2017)
25°S	Complexo estuarino Cananéia -Iguapé	1555 (Barcellos <i>et al.</i> 2005)	43.0 (Lana <i>et al.</i> 2018)	20- 26 (Barcellos <i>et al.</i> 2005)	<35 (Barcellos <i>et al.</i> 2005)
	Complexo estuarino de Paranaguá	2000 (Rocha <i>et al.</i> 2017)	230.4 (Lana <i>et al.</i> 2018)	20- 30 (Mizerkowski <i>et al.</i> 2012 a)	<33.2 (Dias <i>et al.</i> 2016)
	Baía de Guaratuba	1800 (Mizerkowski <i>et al.</i> 2012)	80.0 (Lana <i>et al.</i> 2018)	20-26 (Mizerkowski <i>et al.</i> 2012 b)	<26 (Mizerkowski <i>et al.</i> 2012b)
26°S	Baía da Babitonga	2000 (Grace <i>et al.</i> 2008)	22.2 (Lana <i>et al.</i> 2018)	20-26 (Parizzi <i>et al.</i> 2016)	25-32.5 (Parizzi <i>et al.</i> 2016)
28°S	Sistema estuarino de Laguna	1300-1600 (Alvares <i>et al.</i> 2014)	50 (Fonseca e Neto 2006)	<18 (Campos <i>et al.</i> 2013)	>35.5 (Campos <i>et al.</i> 2013)
32°S	Lago dos Patos	1395 (Pereira <i>et al.</i> 2012)	2.400 (Moller <i>et al.</i> 2008)	12-27 (Moller e Castaing 1999)	<15 (Burrage <i>et al.</i> 2008)
36°S	Estuário do Plata	1040 (Guereiro <i>et al.</i> 1997)	23. 000 (Guereiro <i>et al.</i> 1997)	11.3-23.4 (Moller <i>et al.</i> 2008)	33-34 (Moller <i>et al.</i> 2008)

## Coleta de dados

O total de 311 exemplares de *M. americanus* foi obtido neste estudo, adquiridos da frota pesqueira artesanal, na plataforma continental interna rasa e estuários ao longo da costa sudoeste do Oceano Atlântico (Figura 1 e Tabela 2). Todos os peixes foram identificados, mensurados o comprimento total (CT, em cm) e pesados (P, em g). Os otólitos *sagittae* foram extraídos, limpos e pesados (PO, em g) e armazenados secos para posteriori obtenção das imagens. A terminologia usada para a orientação e descrição anatômica dos *sagittae* foi realizada de acordo com Tuset *et al.* (2008). A partir das imagens obtidas os otólitos foram mensurados o comprimento (CO, em mm) e foram analisadas com a utilização da função “wavelet”.

A função “wavelet” foi usada para definir o contorno do otólito (Parisi-Baradad *et al.* 2010; Sadighzadeh *et al.* 2014) (Figura 2). Os “wavelet” são o resultado da expansão de um sinal em uma família de funções que representam as dilatações e translações de uma função mãe sendo está:  $\Psi_s(x)=1/s\Psi(\varphi/s)$ ,  $\Psi$  função com suporte local em uma amplitude limitada no eixo das abscissas;  $\varphi$  filtro do passo inferior;  $s$  parâmetro de escala (Mallat 1991). A maior vantagem da análise dos “wavelet” é a identificação e o posicionamento de pontos semelhantes ou distintos no contorno dos otólitos (Lombarte e Tuset 2015). Um total de 512 pontos de coordenadas equidistantes de cada otólito foi extraído, sendo no *rostrum* a origem do contorno (Parisi-Baradad *et al.* 2005, 2010). O quarto “wavelet” é mais apropriado para a identificação de estoques ou populações (Sadighzadeh *et al.* 2014; Abaad *et al.* 2015). O processamento das imagens foi realizado no AFORO (<http://isis.cmima.csic.es/aforo/>)



**Figura 2.** A) Otólito *sagittae* de *Menticirrhus americanus*, sendo: “A” região anterior, “D” dorsal, “P” posterior e “V” ventral dos otólitos. B) Contorno do otólito usando 512 pontos equidistantes. Linha azul escuro entre 1 e 126 pontos, azul claro entre 127 e 256, rosa entre 257 e 374 pontos e amarelo entre 375 e 512 pontos. R localização do *rostrum* do otólito.

Tabela 2. Média e desvio padrão dos comprimentos dos peixes (CT, cm), comprimento (CO, mm), área do *sulcus acusticus* (AS, mm<sup>2</sup>) e peso do otólito (PO, g) de *Menticirrhus americanus* por latitudes e “n” número de exemplares. E = estuário, P = Plataforma interna.

Locais amostrados	n	CT	CO	AS	PO
E23°S	32	31,4±3,1	9,8±0,7	15,5±2,6	0,07±0,02
P23°S	28	34,4±2,1	9,9±0,7	17,1±2,5	0,07±0,02
E25°S	87	32,0±4,0	9,9±0,8	16,8±3,1	0,09±0,02
P25°S	36	26,7±3,4	8,7±0,7	12,8±2,5	0,06±0,02
E26°S	55	29,3±2,0	9,3±0,4	14,8±1,7	0,07±0,01
P26°S	41	27,0±3,6	8,8±0,9	13,1±2,8	0,06±0,02
P28°S	14	37,2±2,9	10,8±0,7	19,1±3,4	0,1±0,02
P32°+36°S	18	35,8±6,8	10,2±1,8	18,0±6,1	0,09±0,04

### Análise estatística

A análise de componentes principais (PCA) baseada na matriz de variância-covariância foi usada para reduzir as funções do “wavelet” sem perder informações (Tuset *et al.* 2015; 2016). Foram selecionados os componentes principais (PCs) que explicam a variabilidade dos dados pelo método de Broken – Stick (Gauldie e Crampton 2002). Posteriormente, o efeito da alometria do tamanho do peixe foi removido usando o resíduo da regressão linear entre os componentes principais significativos e o comprimento dos otólitos. A partir destes, foi realizada uma nova PCA (Stransky e MacLellan 2005).

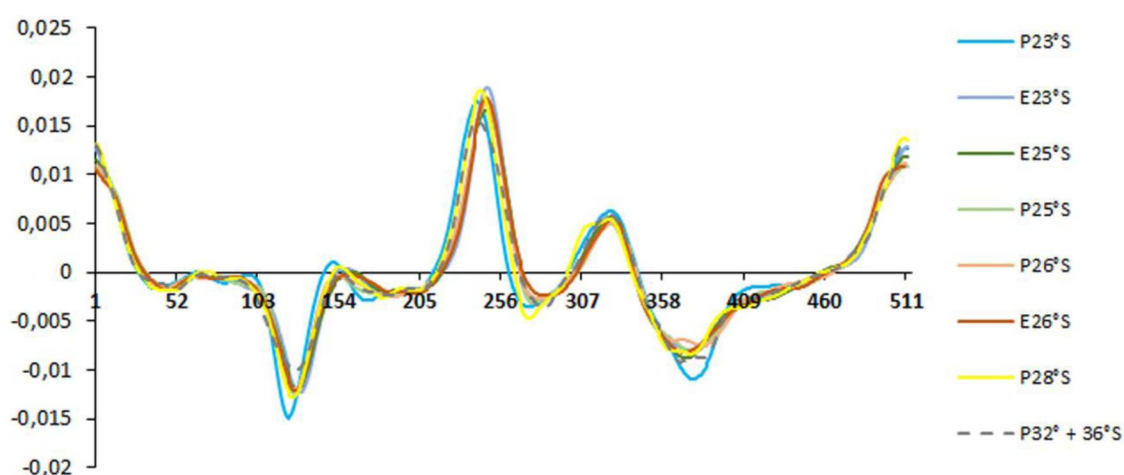
Para verificar as variações no contorno dos otólitos entre os locais de amostragem (Tabela 2) foi realizada com os PCs uma análise de variância multivariada (MANOVA). Com o PCs e com a área do *sulcus acusticus*, foi realizada uma análise de variáveis canônicas (CVA) para verificar a porcentagem de reclassificação correta dos otólitos entre os locais de amostragem (Linde *et al.* 2004). O método de Jack-Knife auxiliou na estimativa da porcentagem de indivíduos classificados corretamente no grupo de origem (Sadighzadeh *et al.* 2014; Tuset *et al.* 2015; 2016).

Para a distinção de morfotipos entre habitats (estuário e plataforma), foram utilizados os PCs para a realização de uma MANOVA para verificar diferenças entre os habitats. Também foi realizada uma CVA entre habitats para verificar a porcentagem correta de reclassificação dos otólitos entre os estuários e a plataforma. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Development Core Team 2010) utilizando os pacotes ShapeR (Libungan e Pálsson, 2015) e Mass (Venables e Ripley,

2002) e Past (Hammer *et al.* 2001). A significância foi estabelecida em 0,05 em todos testes estatísticos utilizados.

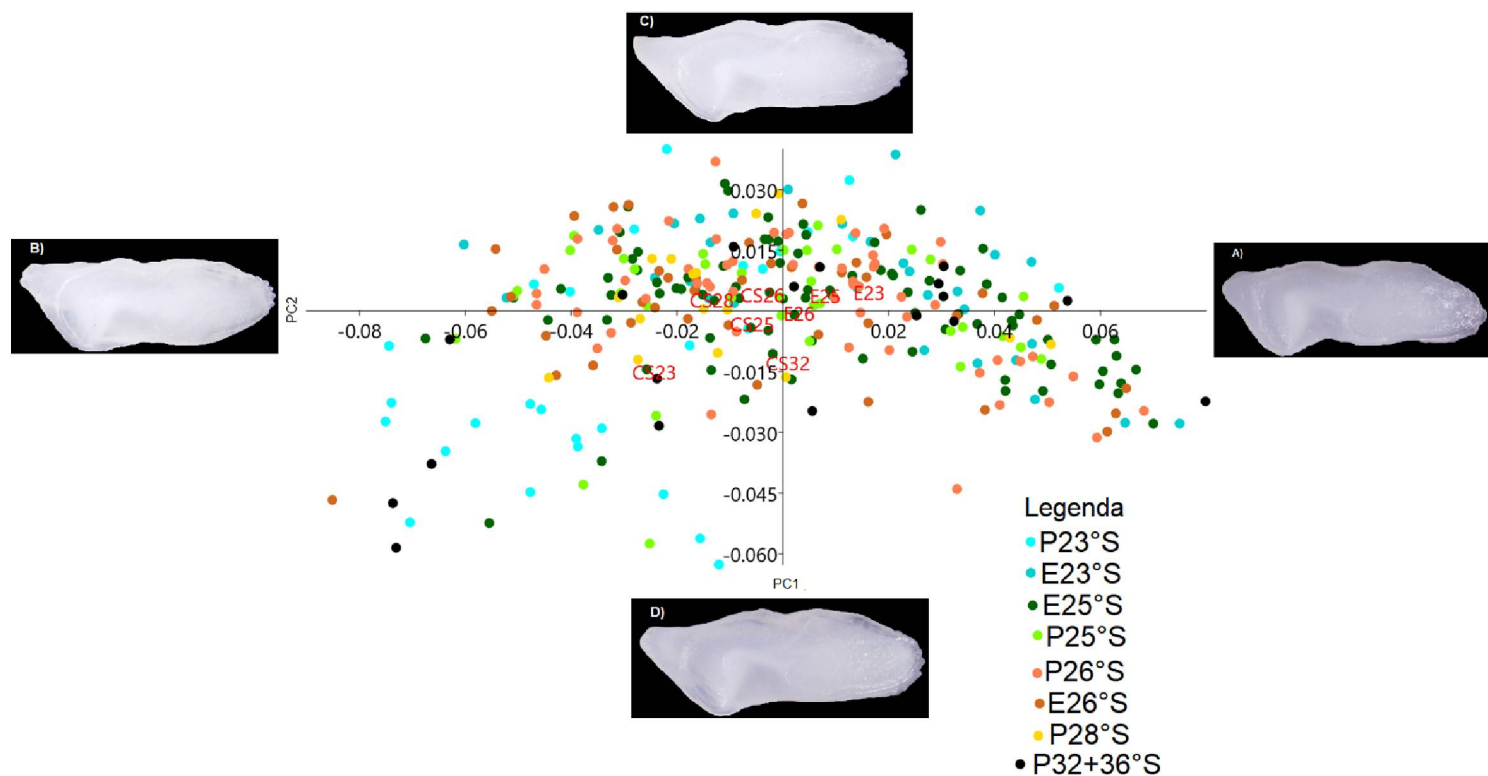
## Resultados

A reconstrução do contorno do otólito demonstrou um padrão morfológico similar em todos locais amostrados. Entretanto, uma elevada variabilidade na forma dos otólitos foi observada nas regiões posterior e ventro-posterior do otólito (entre as coordenadas 225 – 275) (Figura 3).



**Figura 3.** Decomposição do contorno do otólito de *Menticirrhus americanus* coletados entre as latitudes 23°S e 36°S do Atlântico Sul.

O método de Broken-Stick selecionou 17 componentes principais que explicam 87% da variabilidade dos dados, sendo que 48,3% da variabilidade dos dados são explicados pelo PC1 e pelo PC2. A partir da figura 4, observa-se que a elevada variabilidade de forma dos otólitos entre os eixos do PC1 e PC2. Os valores positivos do PC1 demonstram otólitos mais altos, região posterior arredondada, margens ventrais e dorsais irregulares (Figura 4A). No eixo negativo do PC1 observam-se otólitos com região posterior mais retangular, margem anterior crenulada e margens dorsal e ventral irregulares (Figura 4B). Os otólitos do eixo positivo do PC2 são mais alongados, região posterior pontiaguda, margens dorsais e ventrais irregulares e anterior crenulada (Figura 4C). Os otólitos associados ao eixo negativo do PC2 são mais alongados, região posterior mais retangular, margens dorsais e ventrais irregulares e anterior crenulada (Figura 4D).



**Figura 4.** Diagrama de dispersão da análise de componentes principais do contorno do otólito *sagitta* de *Menticirrhus americanus* entre locais amostrados no Atlântico Sul.

A MANOVA revelou diferenças significativas na forma dos otólitos entre os locais amostrados (MANOVA, Pillai teste= 0,809,  $F_{119,2072} = 2,275$ ,  $p < 0,001$ ), corroborando a variabilidade de forma encontrada nas figuras 3 e 4. A CVA apresentou 34,1% de reclassificação correta entre os otólitos e os ambientes amostrados (Tabela 3). As melhores classificações foram para PS23°S (50%) e E25°S (62,8%). Em geral, os otólitos de espécimes associados a plataforma demonstraram uma sobreposição com o ambiente estuarino não demonstrando diferenças (Tabela 3).

A partir destes resultados, as análises multivariadas foram refeitas agrupando os dados por habitat (estuário e plataforma). A MANOVA também indicou a existência de diferenças significativa entre habitats (Pillai teste= 0,260;  $F_{17,296} = 6,107$ ;  $p < 0,001$ ). A reclassificação correta alcançou 69,1% e o coeficiente de Cohen indicou uma classificação eficiente em 36,7% (Tabela 4). O resultado confirma uma elevada reclassificação correta para a forma do otólito do ambiente estuarino (78%) e uma reduzida para os otólitos da plataforma (58,2%) que são caracterizados por serem mais alongados.

**Tabela 3.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre locais de amostragem (plataforma – P e estuários – E) obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação.

Locais	P23	P25	P26	P28	P32+36	E23	E25	E26
P23	14 (50,0)	1(3,5)	2(7,14)	1(3,5)	1(3,5)	2(7,1)	6(21,4)	1(3,5)
P25	2(5,5)	5(13,9)	6(16,6)	0(0)	2(5,5)	3(8,3)	12(33,3)	6(16,6)
P26	3(7,1)	9(21,4)	8(19,0)	0(0)	1(2,3)	2(4,76)	16(38,0)	3(7,14)
P28	2(11,7)	1(5,8)	3(17,6)	1(5,8)	1(5,8)	2(11,72)	6(35,2)	1(5,8)
P32+36	2(11,1)	1(5,55)	2(11,1)	0(0)	2(11,1)	1(5,5)	6(33,3)	4(22,2)
E23	0(0)	3(9,3)	5(15,6)	1(3,12)	0(0)	2(6,2)	18(56,2)	3(9,3)
E25	1(1,1)	2(2,3)	7(8,1)	3(3,4)	1(1,1)	4(4,6)	54(62,7)	14(16,2)
E26	1(1,8)	2(3,6)	2(3,6)	1(1,8)	1(1,8)	3(5,4)	24(43,6)	21(38,1)

**Tabela 4.** Reclassificação correta do contorno do otólito *Menticirrhus americanus* entre habitat (plataforma – P e estuários – E) obtida através da análise de variáveis canônicas (CVA). O número entre parênteses corresponde à frequência de reclassificação.

Habitat	P	E
P	82 (58,2)	59 (41,8)
E	38 (21,9)	135 (78,1)

## Discussão

O otólito *sagitta* de *M. americanus* apresenta forma “de bala”, característica de diversas espécies da família Sciaenidae (Corrêa e Vianna, 1992; Volpedo e Echevarria 1999; Waessle *et al.* 2003; Monteiro *et al.* 2005; Tuset *et al.* 2008; Avigliano *et al.* 2015; Wong *et al.* 2016; Volpedo *et al.* 2017 ). Nossos resultados conseguiram definir morfotipos associados a diferentes latitudes nos otólitos *sagittae* de *M. americanus* ao longo do gradiente analisado, isso sugere que espécies costeiras são mais influenciadas por processos regionais oceanográficos do que processos de larga escala como descrito para *Micropogonias furnieri* (Santos *et al.* 2017). Segundo Harding e Chittenden (1987), *M. americanus* é uma espécie marinha com dependência estuarina em algumas fases do seu desenvolvimento ontogenético. Devido à grande presença de estuários na área de estudo a ausência de morfotipos latitudinais indica um elevado fluxo genético nesta área conectada por estuários corroborando Freitas (*et al.* 2017).

*Menticirrhus americanus* apresentou neste estudo dois morfotipos de otólito, distribuídos ao longo de toda área estudada, um mais alto com região posterior

arredondada (Fig. 4 - PC1 – morfotipo estuarino) e o outro com otólitos mais alongados com região posterior pontiaguda (Fig. 4 - PC2 - morfotipo da plataforma). Essa diferença de morfotipos sugere padrões de comportamento no uso do habitat, como também observado em outras espécies (Oliveira *et al.* 2009; Ferguson *et al.* 2011).

A maior reclassificação correta do morfotipo estuarino (Tabela 4) sugere que estes indivíduos sejam residentes dos estuários ou permaneçam mais tempos expostos a condições ambientais constantes, enquanto aqueles com morfotipo da plataforma reflete espécimes com um provável comportamento migratório entre estuário e plataforma. Assim, admitindo a conexão entre os ambientes estuarinos e a plataforma continental, a variabilidade morfológica do otólito pode ser interpretada como uma resposta a diferentes condições ambientais (Capoccioni *et al.* 2011; Schulz-Mirbach *et al.* 2011; Avigliano *et al.* 2012; Ibañez *et al.* 2017). Nossos resultados demonstram a importância da conexão entre estuários e águas adjacentes marinhas para a melhor compreensão da distribuição espacial da população de *M. americanus* e um manejo adequado deste recurso pesqueiro.

A presença de sistemas estuarinos favorece a conectividade entre populações desta espécie (Harding e Chittenden 1987), e explica o fluxo genético da espécie nas regiões analisadas por Freitas (*et al.* 2017). Desta maneira, a hipótese baseada em uma única população de *M. americanus* na costa brasileira é plausível. Nossos resultados, com dois morfotipos, coincidem com estudos que identificaram morfotipos distintos em populações geneticamente idênticas ao longo de gradientes latitudinais (Jemaa *et al.* 2014; Libungan *et al.* 2015; Ibañez *et al.* 2017).

Os espécimes residentes dos estuários estão sujeitos a um ambiente dinâmico com flutuações nos parâmetros físicos e químicos (Miranda *et al.* 2002; Potter *et al.* 2015; Lana *et al.* 2018). Essa variabilidade nictimeral dos parâmetros abióticos não ocorre na plataforma, tendo neste ambiente uma maior estabilidade (Rossi-Wongtschowski e Madureira 2006). As populações estuarinas e da plataforma são influenciadas por diferentes pressões ambientais, que auxiliam na presença de dois morfotipos de otólitos.

Além de *M. americanus*, duas outras espécies da família Sciaenidae *Paralichthys brasiliensis* e *Argyrosomus japonicus*, também apresentaram morfotipos distintos associados a influência estuarina e plataforma continental (Oliveira *et al.* 2009; Ferguson *et al.* 2011). Outros estudos também descreveram variabilidade de morfotipo em otólitos de espécies amplamente distribuídas exposta a diversos fatores ambientais (Vignon 2012; Capoccioni *et al.* 2011; Rebaya *et al.* 2017; Vaz-dos-Santos *et al.* 2017).

Associada com a variabilidade ambiental, a disponibilidade de recurso alimentar também afeta diretamente a morfologia dos otólitos (Gagliano e McCormick 2004;



Lombarte *et al.* 2010; Abaad *et al.* 2015), podendo ser determinante na diferenciação dos morfotipos e na taxa de crescimento dos otólitos de *M. americanus*, nos ambientes estuarinos e de plataforma. Nos estuários, a maior produtividade favorece a disponibilidade de recursos alimentar em relação a plataforma que tem um pico no acréscimo de produtividade durante o verão (entre dezembro e fevereiro) (Brandini *et al.* 2018).

Na família Sciaenidae algumas espécies apresentam deslocamento ou migração entre ambientes, como: *Cynoscion regalis* apresenta comportamento filopátrico (Thorrold *et al.* 2001), 40% da população de *Argyrosomus japonicus* realiza migrações que conectam os ambientes dulcícolas, estuarinos e marinhos (Childs *et al.* 2015), *Micropogonias furnieri* parte da sua população realiza movimentos migratórios entre o estuário e a plataforma adjacente (Albuquerque *et al.* 2012; Franco *et al.* 2018). A partir dos resultados deste estudo, é possível sugerir que parte da população de *M. americanus* desloca-se entre a plataforma e o estuário. Tanto a reprodução como a presença de larvas desta espécie foram registradas no ambiente estuarino e na plataforma continental (Godefroid *et al.* 2001; Muniz e Chaves 2008; Haluch *et al.* 2011; Clardy *et al.* 2014; Porcaro *et al.* 2014), devido a isso não é possível afirmar se o deslocamento até os estuários ou para a plataforma ocorre para a reprodução ou alimentação como observado em outras espécies (Davoren e Halden, 2014; Keating *et al.* 2014).

A partir dos nossos resultados, é possível corroborar a hipótese de uma única população de *M. americanus* na costa do Atlântico Sudoeste. Juntamente, é possível afirmar que a forma do otólito é influenciada pelo habitat e não pelo gradiente latitudinal nos dados analisado. E fica claro nos resultados deste estudo a presença de conectividade entre os ambientes estuarinos e de plataforma pela espécie *M. americanus*.

#### Referências Bibliográficas

ABAAD, M.; TUSET, V. M.; MONTERO, D.; LOMBARTE, A.; OTERO-FERRER, J. L.; HAROUN, R. Phenotypic plasticity in wild marine fishes associated with fish-cage aquaculture. **Hydrobiologia**, p. 1-18, 2015.

ABLE, K. W. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 5-17, 2005.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711–728, 2014.

ALBUQUERQUE, C. Q.; MIEKELEY, N.; MUELBERT, J. H.; WALTHER, B. D.; JAUREGUIZAR, A. J. Estuarine dependency in a marine fish evaluated with otolith chemistry. **Marine Biology**, v. 159, p. 2229–2239, 2012.

AVIGLIANO, E.; TOMBARI, A.; VOLPEDO, A. V. ¿EL otolito de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), refleja el estrés ambiental? **Biología Acuática**, p. 1-7, 2012.

AVIGLIANO, E.; VOLPEDO, A. Use of otolith strontium: calcium ratio as indicator of seasonal displacements of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater-marine environment. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, p. 1-6, 2013.

AVIGLIANO, E.; COMTE, G.; ROSSO, J.J.; MABRAGAÑA, E.; PAOLA, D.R.; SANCHEZ, S.; VOLPEDO, A.; ROSSO, F. D.; SCHENONE, N. F. Identificación de stocks pesqueros de la corvina de río (*Plagioscion ternetzi*) de los ríos Paraguay y Paraná, mediante el análisis morfométrico de sus otólitos. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 43, n. 3, p. 718-725, 2015.

AVIGLIANO, E.; LEISEN, M.; ROMERO, R.; CARVALHO, B.; VELASCO, G.; VIANNA, M.; BARRA, F.; VOLPEDO, A.V. Fluvio-marine travelers from South America: cyclic amphidromy and freshwater residency, typical behaviors in *Genidens barbatus* inferred by otolith chemistry. **Fisheries Research**, v. 193, p.184–194, 2017.

BARBOSA-LIMA, S. F.; LUCENA, R. A.; SANTOS, G. M.; SOUZA, J. W.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; GUIMARÃES, C. R.; OLIVEIRA, G. S. Inventory of mollusks from the estuary of the Paraíba River in northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n.1, 1 -12, 2017.

BARCELLOS, R.L.; BERBEL, G.B.B.; BRAGA, E.S.; FURTADO, V.V. Distribuição e características do fósforo sedimentar no sistema estuarino lagunar de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo, Brasil. **Geochim Brasil**, v. 19, n.1, p. 22-36, 2005.

BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U.; AMARAL, C. S.; CORRÊA, M. F. M.; GUEBERT, F.; DANTAS, D. V.; LORENZI, L. Factors affecting seasonal variations in fish assemblages at an ecocline in a tropical–subtropical mangrove fringed estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, p. 1314–1336, 2008.

BURRAGE, D.; WESSON, J.; MARTINEZ, C.; PIREZ, T.; MOLLE, R. O.; PIOLA, A. Patos Lagoon outflow within the Rio de la Plata plume using an airborne salinity mapper: Observing an embedded plume. **Continental Shelf Research**, v. 28, n.13, p.1625-1638, 2008.

BRANDINI, F. P.; TURA, P. M.; SANTOS, P. P. G. M. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. **Progress in Oceanography**, v. 164, p. 1-12, 2018.

CALLICÓ-FORTUNATO, R.; GONZÁLEZ-CASTRO, M.; GALÁN, A. R.; ALONSO, I. G.; KUNERTA, C.; DURÁ, V.B.; VOLPEDO, A. V. Identification of potential fish stocks and lifetime movement patterns of *Mugil liza* Valenciennes 1836 in the Southwestern Atlantic Ocean. **Fisheries Research**, v. 193, p. 164-172, 2017.

CAMPOS, P.C.; MOLLER, O.O.; PIOLA, A.; PALMA, E.D. Seasonal variability and coastal upwelling near Cape Santa Marta (Brazil). **Journal Geophysica Research: Oceans**, v. 118, p. 1420–1433, 2013.

CAPOCCIONI, F.; COSTA, C.; AGUZZI, J.; MENESATTI, P.; LOMBARTE, A.; CICCOTTI, E. Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 397, p.1–7, 2011.

CARDOSO, L.G.; HAIMOVICI, M. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in southern Brazil. **Fish Research**, v. 111, p.177–187, 2011.

CARVALHO, B. M.; VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SPACH, H. L. Use of otolith microchemistry as an indicator of the habitat of *Anchoa tricolor* (Spix e Agassiz, 1829) in a subtropical estuary. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, p. 457-465, 2017a.

CASTRO FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S – coastal segment (4°W). **The Sea**, v. 11, p. 209-251, 1998.

CEBIMAR – Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo. Acessado em 28 de março de 2018. <http://cebimar.usp.br/index.php/pt/informacoes-ambientais/estacao-meteorologica-do-cebimar-usp-sao-sebastiao-estacao-davis.html>

CERVIGÓN, F. Los peces marinos de Venezuela. Volume 2. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. p.497, 1993.

CHANG, W.Y.B. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. **Canadian Journal Fish Aquatic Science** v. 39, p. 1208–1210, 1982.

CHAO, L. N. A Basis for Classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). NOAA Technical Report NMFS Circular, 1978.

CHAO, N.L.; FRÉDOU, F.L.; HAIMOVICI, M.; PERES, M.B.; POLIDORO, B.; RASEIRA, M.; SUBIRÁ, R.; CARPENTER, K. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure—extinction risk and conservation of Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology and Conservation**, v. 45, p. 1–10, 2015.

CHILDS, A. R.; COWLEY, P. D.; NÆSJE, T. F.; BENNETT, R. H. Habitat connectivity and intra-population structure of an estuary-dependent fishery species. *Marine Ecology Progress Series*, v. 537, p. 233–245, 2015.

CLARDY, S. D.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S.; LEAF, R.T. Age, growth, and reproduction of Southern Kingfish (*Menticirrhus americanus*): a multivariate comparison with life history patterns in other sciaenids. **Fisheries Bulletin**, v. 112, p. 1–20, 2014.

CORRÊA, M.F.M.; VIANA, M.S. Catálogo dos otólitos *sagitta* de Sciaenidae (Osteichthys - Perciformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. **Nerítica**, v. 7, p. 13–41, 1992.

DAVOREN, G. K.; HALDEN, N. M. Connectivity of capelin (*Mallotus villosus*) between regions and spawning habitats in Newfoundland inferred from otolith chemistry. **Fisheries Research**, v. 159, p. 95-104, 2014.

DIAS, T.H.; OLIVEIRA, J.; SANDERS, C.J.; CARVALHO, F.; SANDERS, L.M.; MACHADO, E.C.; SÁ F. Radium isotope ( $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ ) distribution near Brazil's largest port, Paranaguá Bay, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 111, p. 443–448, 2016.

DOMIT, C.; BROADHURST, M. K.; BORNATOWSKI, H. Interactions between *Manta birostris* and *Sotalia guianensis* in a World Heritage listed Brazilian estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 91, p. 1236–1240, 2017.

DOTTORI, M.; SIEGLE, E.; CASTRO, B.M. Hydrodynamics and water properties at the entrance of Araçá Bay, Brazil. **Ocean Dynamics**, v. 65, n. 12, p. 1-11, 2015.

DUARTE, P.N.; LESSA, R.; STOSIC, B.; MORIZE, E. The use of *sagittal* otoliths in discriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. **ICES Journal Marine Science**, v. 65, n.7, p. 1144-1152, 2008.

FAO - Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 569. Rome, FAO. 2011. 334 pp.

FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2016/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2016/ FAO anuário. Estadísticas de pesca y acuicultura 2016. Rome/Roma. 104pp.

FERGUSON, G.J.; WARD, T.M.; GILLANDERS, B.M. Otolith shape and elemental composition: Complementary tools for stock discrimination of mullet (*Argyrosomus japonicus*) in southern Australia. **Fisheries Research**, v. 110, n.1, p.75–83, 2011.

FRANCO, T.P.; ALBUQUERQUE, C.Q.; SANTOS, R.S.; SAINT'PIERRE, T.D.; ARAÚJO, F.G. Leave forever or return home? The case of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in coastal systems of southeastern Brazil indicated by otolith microchemistry. **Marine Environmental Research**, 2018, in press.

FREIRE, K.M.F.; TUBINO, R.A.; MONTEIRO-NETO, C.; ANDRADE-TUBINO, M.F.; BELRUSS, C.G.; TOMAS, A.R.G.; TUTUI, S.L.S.; CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; CATELLA, A.C.; CREPALDI, D.V.; DANIEL, C.R.A.; MACHADO, M.L.; MENDONÇA, J.T.; MORO, P.S.; MOTTA, F.S.; RAMIRES, M.; SILVA, M.H.C.; VIEIRA, J. Brazilian recreational fisheries: current status, challenges and future Direction. **Fisheries Management and Ecology**, 23, 276–290, 2016.

FREITAS, A.S.; SILVA, R.; SAMPAIO, I.; SCHNEIDER, H. The mitochondrial control region reveals genetic structure in southern king croaker populations on the coast of the Southwestern Atlantic. **Fisheries Research**, v. 191, p. 87-94, 2017.

FONSECA, G.; NETTO, S. A. Shallow sublittoral benthic communities of the Laguna estuarine system, south Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, n.1, p. 41-54, 2006.

GAGLIANO, M.; MCCORMICK, M. I. Feeding history influence otolith shape in tropical fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 278, p. 291 – 296, 2004.

GAULDIE, R.W.; CRAMPTON, J.S. An eco-morphological explanation of individual variability in the shape of the fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus*

*atlanticus* with other species by depth. **Journal of Fish Biology**, v. 60, p. 1204–1221, 2002.

GEP-UNIVALI Grupo de estudos pesqueiros UNIVALI [www.propesqweb.acad.univali.br](http://www.propesqweb.acad.univali.br)

GIANNINI, R.; PAIVA – FILHO, A.M. Aspectos da bioecologia de *Menticirrhus americanus* (Teleostei - Sciaenidae) na Baía de Santos, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19, p.1–15, 1992.

GODEFROID, R.S.; SANTOS, C.; HOFSTAETTER, M.; SPACH, H.L. Occurrence of Larvae and Juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furnieri* at Pontal do Sul beach, Paraná. **Brazilian Archive of Biology and Technology**, v. 44, p. 411–418, 2001.

GRACE, V.B.; MAS-PLA, J.; NOVAIS, T.O.; SACCHI, E.; ZUPPI, G.M. Hydrological mixing and geochemical processes characterization in an estuarine/mangrove system using environmental tracers in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). **Continental Shelf Research**, v. 28, n.4, 682–695, 2008.

HALUCH, C.F.; FREITAS, M.O.; CORRÊA, M.F.M.; ABILHOA, V. Variação sazonal e mudanças ontogênicas na dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, p. 347-356, 2009.

HALUCH, C. F.; ABILHOA, V.; FREITAS, M. O.; CORRÊA, M. F. M.; HOSTIM-SILVA, M. Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 24, n. 1, 47-59, 2011.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontol Electronica**, v. 4, p. 1–9, 2001.

HARDING, S. M.; CHITTENDEN, M. E. J. Reproduction, Movements, and Population Dynamics of the Southern Kingfish, *Menticirrhus americanus*, in the Northwestern Gulf of Mexico. **NOAA Technical Report NMFS**, p. 1-27, 1987.

IBAÑEZ, A.L.; HERNÁNDEZ-FRAGA, K.; ALVAREZ-HERNÁNDEZ, S. Discrimination analysis of phenotypic stocks comparing fish otolith and scale shapes. **Fisheries Research**, v. 185, p. 6–13, 2017.

ICMBIO Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. [www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br)

KEATING, J. P.; BROPHY, D.; OFFICER, R. A.; MULLINS, E. Otolith shape analysis of blue whiting suggests a complex stockstructure at their spawning grounds in the Northeast Atlantic. **Fisheries Research**, v. 157, p. 1-6, 2014.

JEMAA, S.; BACHA, M.; KHALAF, G.; DESSAILLY, D.; RABHI, K.; AMARA, R. What can otolith shape analysis tell us about population structure of the European sardine, *Sardina pilchardus*, from Atlantic and Mediterranean waters? **Journal of Sea Research**, v. 96, p. 11-17, 2015.

LAEGDSGAARD, P.; JOHNSON, C. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 257, p. 229–253, 2001.

LANA, P. C.; CHRISTOFOLETTI, R.; GUSMÃO JR, J. B.; BARROS, T. L.; SPIER, D.; COSTA, T. M.; GOMES, A. S.; SANTOS, C. S. G. Benthic Estuarine Assemblages of the Southeastern Brazil Marine Ecoregion (SBME). In: LANA, P. C.; BERNARDINO, A. F. **Brazilian Estuaries**, p. 1-59, 2018.

LIBUNGAN L. A.; ÓSKARSSON G.J.; SLOTTE, A.; JACOBSEN J.A.; PÁLSSON S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, p.1377–1395, 2015.

LIBUNGAN, L.A.; PÁLSSON, S. ShapeR: An R Package to Study Otolith Shape Variation among Fish Populations. **PLoS ONE**, v. 10, n.3, p. 1- 12, 2015.

LINDE, M.; PALMER, M.; GOMEZ-ZURITA, J. Differential correlates of diet and phylogeny on the shape of the premaxilla and anterior tooth in sparid fishes (Perciformes: Sparidae). **Journal of Evolutionary Biology**, v. 17, p. 941–952, 2004.

LOMBARTE, A. Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. **Environmental Biology Fishes**, v. 33, p. 405-410, 1992.

LOMBARTE, A.; TUSET, V.M. Morfometria de otólitos. In: VOLPEDO, A.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações. CAFB-BA-PIESCI. Buenos Aires. 2015.

MAI, A. C. G.; CONDINI, M. V.; ALBUQUERQUE, C. Q.; LOEBMANN, D.; SAINT-PIERRE, T. D.; MIEKELEY, N.; VIEIRA, J. P. High plasticity in habitat use of *Lycengraulis grossidens* (Clupeiformes, Engraulididae). **Estuarine Coastal Shelf Science**, v. 141, p. 17-25, 2014.

MAHIQUES, M. M.; SOUSA, S. H. M.; FURTADO, V. V.; TESSLER, M. G.; TOLEDO, F. A. L.; BURONE, L.; FIGUEIRA, R. C.L.; KLEIN, D. A.; MARTINS, C. C.; ALVES, D. P. V. The Southern brazilian shelf: general characteristics, quaternary evolution and sediment distribution. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 25-34, 2010.

MALLAT, S. Zero crossings of a wavelet transform. **IEEE Trans. Inf. Theory** v. 37, p. 1019–1033, 1991.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. “Princípios de Oceanografia Física de Estuários”. Ed. Da USP. p. 408, 2002.

MIZERKOWSKI, B.D.; HESSE, K.; LADWIG, N.; MACHADO, E.C.; ROSA, R.; ARAÚJO, T.; KOCH, D. Sources, loads and dispersion of dissolved inorganic nutrients in Paranaguá Bay. **Ocean Dynamics**, v. 62, p. 1409–1424, 2012.

MIZERKOWSKI, B.D.; MACHADO, E.C.; BRANDINI, N.; NAZARIO, M.G.; BONFIM, K.V. Environmental water quality assessment in Guaratuba bay, state of Paraná, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n.2, p. 109-115, 2012.

MOLLER, O.O.; CASTAING, P. Hydrographical Characteristics of the Estuarine Area of Patos Lagoon (30° S, Brazil). In: Perillo, et al. Estuaries of South America. **Their Geomorphology and Dynamics**, p. 83-100, 1999.

MOLLER, O.O.; PIOLA, A.; FREITAS, A.C.; CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1607– 1624, 2008.

MONTEIRO, L. R.; DI BENEDITTO, A. P. M.; GUILLERMO, L. H.; RIVERA, L. A. Allometric changes and shape differentiation of *sagitta* otoliths in sciaenid fishes. **Fisheries Research**, v. 74, p. 288 – 299, 2005.

MORAT, F.; MARSCHAL, C.; DOMINICI, J. M.; HARMELIN-VIVIEN, M. A 31-year-old brown meagre female poached in the Scandola marine reserve in Corsica, France. **Cybium**, v. 41, n. 1, p. 79-80, 2017.

MUNIZ, E.R.; CHAVES, P.T. Condição reprodutiva da betara preta, *Menticirrhus americanus* (Teleostei, Sciaenidae), na pesca realizada no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Science**, v. 30, p. 339–344, 2008.

NAGELKERKEN, I. Ecological Connectivity among tropical coastal ecosystems. Ed. Springer. 2009.

ODELL, J.; ADAMS, D. H.; BOUTIN, B.; COLLIER II, W.; DEARY, A.; HAVEL, L. N.; JOHNSON, J. A.; MIDWAY, S. R.; MURRAY, J.; SMITH, K.; WILKE, K. M.; YUEN, M. W. Atlantic Sciaenid Habitats: A Review of Utilization, Threats, and Recommendations for Conservation, Management, and Research. Atlantic States Marine Fisheries Commission Habitat Management Series No. 14, Arlington, VA. 2017.

OLIVEIRA, M. DE A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; MONTEIRO, L. R. Variação geográfica na forma e nas relações alométricas dos otólitos *sagitta* da maria-luiza *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral norte do Rio de Janeiro (21° S – 23° S), Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n.3, p. 475 – 485, 2009.

PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ABBATEPAULO, F. V.; SPACH, H. L.; VILAR, C. C.; JOYEUX, J. C.; CARTAGENA, B. F. C.; FAVARO, L. F. Analysis of fish assemblages in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n.4, 251-264, 2013.

PARISI-BARADAD, V.; LOMBARTE, A.; GARCIA-LADONA, E.; CABESTANY, J.; PIERA, J.; CHIC, O. Otolith shape contour analysis using affine transformation invariant wavelet transforms and curvature scale space representation. **Marine Freshwater Research**, v. 56, p. 795-804, 2005.

PARISI-BARADAD, V.; MANJABACAS, A.; LOMBARTE, A.; OLIVELLA, R.; CHIC, Ò.; PIERA, J.; GARCÍA-LADONA, E. Automatic Taxon Identification of Teleost fishes in an otolith online database. **Fisheries Research**, v. 105, p. 13-20, 2010.

PARIZZI, R.A.; MACHADO, E.C.; TAVARES, C.P.S.; FERNANDES, L.F.; CAMARGO, M.G.; MAFRA JR, L.L. Primary productivity and phytoplankton dynamics in a subtropical estuary: a multiple timescale approach. **Scientia Marina**, v. 80, n. 3, p. 291-303, 2016.

PEREIRA, N.; D'INCAO, F. Precipitação pluvial na bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos, no período de 1964 a 2007 e suas associações com as safras de camarão-rosa. **Atlântica**, v. 34, n.2, p. 145-156, 2012.

PIOLA, A.; MATANO, R.P.; PALMA, E.D.; MOLLER, O.O.; CAMPOS, E.J.D. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. **Geophysical Research Letters**, v. 32, p. 1-5, 2005.



PORCARO, R. R.; ZANI-TEIXEIRA, M. L.; KATSURAGAWA, M.; NAMIKI, C.; OHKAWARA, M. H.; FAVERO, J. M. Spatial and temporal distribution patterns of larval sciaenids in the estuarine system and adjacent continental shelf off Santos, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 2, p. 149-164, 2014.

POTTER, I. C.; WARWICK, R. M.; HALL, N. G.; TWEEDLEY, J. R. The physico-chemical characteristics, biota and fisheries of estuaries. In: **Freshwater Fisheries Ecology**. p. 1-86, 2015.

RAY, G. C. Connectivities of estuarine fishes to the coastal realm. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 18 – 32, 2005.

REBAYA, M.; BEN FALEH, A.; ALLAYA, H.; KHEDHER, M.; TROJETTE, M.; MARSAOUM, B.; FATNASSI, A.; CHALH, A.; QUIGNARD, J.; TRABELSI, M. Otolith shape discrimination of *Liza ramada* (Actinopterygii: Mugiliformes: Mugilidae) from marine and estuarine populations in Tunisia. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 47, n.1, p. 13-21, 2017.

REIS-SANTOS, P.; TANNER, S. E.; VASCONCELOS, R. P.; ELSDON, T. S.; CABRAL, H. N.; GILLANDERS, B. M. Connectivity between estuarine and coastal fish populations: contributions of estuaries are not consistent over time. **Marine Ecology Progress Series**, v. 491, p. 177–186, 2013.

ROCHA, M.L.; SÁ, F.; CAMPOS, M.S.; GRASSI, M.T.; COMBI, T.; MACHADO, E.C. Metals impact into the Paranaguá Estuarine Complex (Brazil) during the exceptional flood of 2011. **Brazilian Journal Oceanography**, v. 65, n. 1, p. 54-68, 2017.

RONDINELI, G. R.; BRAGA, F. M. S.; TUTUI, S. L. S.; BASTOS, G. C. C. Dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) e *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant e Bocourt, 1883) (Pisces, Sciaenidae) no sudeste do Brasil, Estado de São Paulo. Boletim do Instituto de Pesca, v. 33, n. 2, p. 221 – 228, 2007

ROSS, S. Age, Growth, and Mortality of the Banded Drum, *Larimus fasciatus* (Sciaenidae) in North Carolina. **Northeast Gulf Science**, v. 10, n. 1, p.19-31, 1989.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil. 1. ed. São Paulo: EDUSP. 2006.

SADIGHZADEH, Z.; TUSET, V.M.; VALINASSAB, T.; DADPOUR, M. R.; LOMBARTE, A. Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of *Lutjanus spp.* from the Persian Gulf. **Marine Biology Research**, v. 8, p. 802-814, 2012.

SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAUJO, G.F. Age and growth of the white croaker *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae) in a coastal area of Southeastern Brazilian Bight. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, p. 1–12, 2017.

SCHULZ-MIRBACH, T.; RIESCH, R.; LEÓN, F. J. G.; PLATH, M. Effects of extreme habitat conditions on otolith morphology – a case study on extremophile livebearing fishes (*Poecilia mexicana*, *P. sulphuraria*). **Zoology**, v. 114, p. 321– 334, 2011.

SIEGLE, E.; DOTTORI, M.; VILLAMARIN, B.C. Hydrodynamics of a subtropical tidal flat: Araçá Bay, Brazil. **Ocean Coastal Management**, 2017.



SOUZA, L.M.; CHAVES, P.T. Atividade reprodutiva de peixes (Teleostei) e o defeso da pesca de arrasto no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, p. 1113–1121, 2007.

STRANSKY, C.; MACLELLAN, S.E. Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis. **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science**, v. 62, p. 2265–2276, 2005.

THORROLD, S. R., LATKOCZY, C., SWART, P. K., JONES, C. M. Natal Homing in a Marine Fish Metapopulation. *Science of the Total Environment*, v. 291, p. 297–299, 2001.

TURRA, A.; SANTOS, F.B.; BESSA, E.; FERNANDEZ, W.S.; BERNADOCHI, L.C.; DENADAI, M.R. Population biology and diet of the southern kingcroaker *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Sciaenidae) in Caraguatatuba Bay, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal Oceanography*, v. 60, p. 343–252, 2012.

TUSET, V.M.; LOMBARTE, A.; ASSIS, C.A. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. **Scientia Marina**, v. 72, n. S1, p. 7–198, 2008.

TUSET, V. M.; IMONDI, R.; AGUADO, G.; OTERO-FERRER, J. L.; SANTACHI, L.; LOMBARTE, A.; LOVE, M. Otolith Patterns of Rockfishes from the Northeastern Pacific. **Journal of Morphology**, v. 276, p. 458–469, 2015.

TUSET, V.M.; OTERO-FERRER, J.L.; OMEZ-ZURITA, J.G.; VENERUS, L.A.; STRANSKY, C.; IMONDI, R.; ORLOV, A.M.; YE, Z.; SANTACHI, L.; AFANASIE, P.K.; ZHUANG, L.; FARRÉ, M.; LOVE, M.S.; LOMBARTE, A. Otolith shape lends support to the sensory drive hypothesis in rockfishes. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 29, p. 2083–2097, 2016.

VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; SANTOS-CRUZ, N.N.; SOUZA, D.; GIOMBELLI-DA-SILVA, A.; GRIS, B.; ROSSI-WONGTSCHWSKI, C.L.D.B. Otoliths *sagittae* of *Merluccius hubbsi*: an efficient tool for the differentiation of stocks in the Southwestern Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, n.3, 520–525, (2017).

VIGNON, M. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 420, p.26–32, 2012.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.

VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Morfología de los otolitos *sagittae* de juveniles y adultos de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Sciaenidae). **Revista Ciencias Marina Thalassas**, v. 15, p. 19–24, 1999.

VOLPEDO, A.V.; BIOLÉ, F. G.; CALLICÓ FORTUNATO R. G.; TOMBARI A. D.; THOMPSON, G. A. Otolitos de peces de la costa bonaerense. In: VOLPEDO, A. V.; THOMPSON, G. A.; AVIGLIANO, E. Atlas de otólitos de Peces de Argentina. CAF-BA-PIESCI. Buenos Aires. 2017.

WAGGY, G. L.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S. Evaluation of the Reproductive Life History of the Sciaenidae in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea:

“Greater” versus “Lesser” Strategies? **57th Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, p. 264-282, 2006.

WONG, J. Y.; CHU, C.; CHONG, V. C.; DHILLON, S. K.; LOH, K. H. Automated otolith image classification with multiple views: an evaluation on Sciaenidae. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 1324–1344, 2016.

## CONCLUSÃO GERAL

Considerando os resultados obtidos nesta tese podemos inferir que *Menticirrhus americanus* utiliza tanto o ambiente estuarino como a plataforma continental para a reprodução no litoral paranaense. É possível afirmar que existe um sincronismo sexual entre machos e fêmeas de *M. americanus*. A reduzida captura de machos imaturos ( $n = 3$ ) impossibilitou a definição da curva de primeira maturação deste sexo. Contudo, o comprimento de primeira maturação das fêmeas corresponde a aproximadamente 40% do comprimento máximo registrado neste estudo e ocorre no primeiro ano de vida. Devido a seletividade dos métodos de captura não é possível afirmar onde ocorre o recrutamento da espécie, já que, os exemplares mais jovens (1 anel etário) foram capturados com rede de cambaú de 2,5 cm no ambiente estuarino e o mesmo método não foi utilizado na região da plataforma continental. O ciclo de vida da espécie é curto quando comparada com outras espécies da família Sciaenidae. Neste estudo foram registrados no máximo 6 anéis etários ocorrendo um predomínio de exemplares mais jovens na amostragem (entre 1 e 3 anéis etários).

Variações morfológicas nos otólitos de *Menticirrhus americanus* foram constatadas dentre as diferentes classes de comprimento, os menores exemplares apresentam otólitos mais arredondados os quais tornam-se alongados ao longo do desenvolvimento ontogenéticos da espécie. As variações ontogenéticas demonstram que esta espécie, em todas as fases esteve associada ao ambiente demersal, preferencialmente, a sedimento inconsolidado.

O dimorfismo sexual dos otólitos sugere que machos e fêmeas tenham capacidade auditiva distinta. Essa diferenciação está relacionada à necessidade da formação de agregados reprodutivos e defesa de território. As diferenciações na morfologia dos otólitos entre fêmeas jovens e fêmeas adultas pequenas demonstraram que a reprodução e o crescimento somático influenciam na forma do otólito.

Através da análise do contorno dos otólitos de diferentes latitudes, é possível sugerir que as variações latitudinais pouco influenciaram o conjunto de dados. Porém, fica evidente uma maior das variações ambientais dos habitats (estuários e plataforma continental). A menor reclassificação correta dos morfotipos de plataforma indica que a população associada a este ambiente realize migrações de pequena escala conectando populações do Atlântico Sudoeste.

## REFERÊNCIAS

ABAAD, M.; TUSET, V. M.; MONTERO, D.; LOMBARTE, A.; OTERO-FERRER, J. L.; HAROUN, R. Phenotypic plasticity in wild marine fishes associated with fish-cage aquaculture. *Hydrobiologia*, p. 1-18, 2015.

ABLE, K. W. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 5-17, 2005.

AGUIRRE, W. E. Allometric growth of the sulcus in *Cynoscion spp.* (Sciaenidae). **Journal of Fish Biology**, v. 63, p.341–1346, 2003.

ALBUQUERQUE, C. Q.; MIEKELEY, N.; MUELBERT, J. H.; WALTHER, B. D.; JAUREGUIZAR, A. J. Estuarine dependency in a marine fish evaluated with otolith chemistry. **Marine Biology**, v. 159, p. 2229–2239, 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711–728, 2014.

ALVES, P. M. F.; ARFELLI, C. A.; TOMÁS, A. R. G. Selectivity of bottom gillnet of Southeastern Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n.4, 275 – 284. 2012.

ALVITRES-CASTILLO, V.R. Estudo sobre a biologia e ciclo de vida de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Ubatuba 23°30'S – Cananéia 25°05'S, São Paulo). São Paulo, 150 p. (Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo) 1986.

ANDRIGUETTO-FILHO, J.M.; CHAVES, P.T.; SANTOS, C.; LIBERATI, S. A. Diagnóstico da pesca no litoral do estado do Paraná. In: ISAAC, V.J.; MARTINS, A.S.; HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO-FILHO, J.M. *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. Belém: Universidade Federal do Pará, p. 117–140, 2006.

ANGULO, R. J.; BORZONE, C. A.; NOERNBERG, M. A.; QUADROS, C. J. L.; SOUZA, M. C.; ROSA, L. C. The State of Paraná Beaches. In: Short, A.D., Klein A.H. da F. (eds.), **Brazilian Beach Systems, Coastal Research**, v. 419 -463, 2016.

ASSIS, C. A. Estudo morfológico dos otólitos *sagitta*, *asteriscus* e *lapillus* de Teleósteos (Actinopterygii, Teleostei) de Portugal continental. Sua aplicação em estudos de filogenia, sistemática e ecologia. Dissertação (Doutorado) – Universidade de Lisboa, p. 1005, 2000.

AVIGLIANO, E.; TOMBARI, A.; VOLPEDO, A. V. ¿EL otolito de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), refleja el estrés ambiental? **Biología Acuática**, p. 1-7, 2012.

AVIGLIANO, E.; VOLPEDO, A. Use of otolith strontium: calcium ratio as indicator of seasonal displacements of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater-marine environment. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, p. 1-6, 2013.

AVIGLIANO, E.; MARTINEZ, C. F. R.; VOLPEDO, A. V. Combined use of otolith microchemistry and morphometry as indicators of the habitat of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater–estuarine environment. **Fisheries Research**, v. 149, p. 55–60, 2014.

AVIGLIANO, E.; COMTE, G.; ROSSO, J.J.; MABRAGAÑA, E.; PAOLA, D.R.; SANCHEZ, S.; VOLPEDO, A.; ROSSO, F. D.; SCHENONE, N. F. Identificación de stocks pesqueros de la corvina de río (*Plagioscion ternetzi*) de los ríos Paraguay y

Paraná, mediante el análisis morfométrico de sus otólitos. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 43, n. 3, p. 718-725, 2015.

AVIGLIANO, E.; LEISEN, M.; ROMERO, R.; CARVALHO, B.; VELASCO, G.; VIANNA, M.; BARRA, F.; VOLPEDO, A.V. Fluvio-marine travelers from South America: cyclic amphidromy and freshwater residency, typical behaviors in *Genidens barbatus* inferred by otolith chemistry. **Fisheries Research**, v. 193, p.184–194, 2017.

BARBOSA-LIMA, S. F.; LUCENA, R. A.; SANTOS, G. M.; SOUZA, J. W.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; GUIMARÃES, C. R.; OLIVEIRA, G. S. Inventory of mollusks from the estuary of the Paraíba River in northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n.1, 1 -12, 2017.

BARCELLOS, R.L.; BERBEL, G.B.B.; BRAGA, E.S.; FURTADO, V.V. Distribuição e características do fósforo sedimentar no sistema estuarino lagunar de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo, Brasil. **Geochim Brasil**, v. 19, n.1, p. 22-36, 2005.

BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U.; AMARAL, C. S.; CORRÊA, M. F. M.; GUEBERT, F.; DANTAS, D. V.; LORENZI, L. Factors affecting seasonal variations in fish assemblages at an ecocline in a tropical–subtropical mangrove fringed estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, p. 1314–1336, 2008.

BERNARDO, C.; SPACH, H. L.; SCHWARZ JUNIOR, R.; STOIEV, S. B.; CATTANI, A. P. A captura incidental de ceniídeos em arrasto experimental com rede-de-portas utilizada na pesca do camarão-sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, no estado do Paraná, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 44, n.2, p. 98 – 105, 2011.

BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F.; HAIMOVICI, M. Statistical model of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). **Journal of Fish Biology**, v. 68, p. 196–208, 2006.

BORNATOWSKI, H.; BRAGA, R. R.; ABILHÔA, V.; CORRÊA, M.F.M. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 246-263, 2014.

BOSE, A. P. H.; ADRAGNA, J. B.; BALSHINE, S. Otolith morphology varies between populations, sexes and male alternative reproductive tactics in a vocal toadfish *Porichthys notatus*. **Journal of Fish Biology**, p. 1-15, 2016.

BURRAGE, D.; WESSON, J.; MARTINEZ, C.; PIREZ, T.; MOLLE, R. O.; PIOLA, A. Patos Lagoon outflow within the Rio de la Plata plume using an airborne salinity mapper: Observing an embedded plume. **Continental Shelf Research**, v. 28, n.13, p.1625-1638, 2008.

BRANDINI, F. P.; TURA, P. M.; SANTOS, P. P. G. M. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. **Progress in Oceanography**, v. 164, p. 1-12, 2018.

BRADBURY, I. R.; CAMPANA, S. E.; BENTZEN, P. Otolith elemental composition and adult tagging reveal spawning site fidelity and estuarine dependency in rainbow smelt. *Marine Ecology Progress Series*, v. 368, p. 255 – 268, 2008.

BRAUN, A.S.; FONTOURA N.F. Reproductive biology of *Menticirrhus littoralis* in southern Brazil (Actinopterygii: Perciformes: Sciaenidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 2, p. 31–36, 2004.

BROWN-PETERSON, N.J.; WYANSKI, D.M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B.J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, p. 52–70, 2011.

BUSTOS, L.R.; DANERI, G.A.; HARRINGTON, A.; VARELA, E.; VOLPEDO, A.V. The diet of the South American tarsea lion (*Otaria flavescens*) at Río Negro, Patagonia, Argentina, during the winter-spring period. **Iheringia Série Zoológica**, v. 102, p. 394–340, 2012.

CALLICÓ-FORTUNATO, R.; GONZÁLEZ-CASTRO, M.; GALÁN, A. R.; ALONSO, I. G.; KUNERTA, C.; DURÁ, V.B.; VOLPEDO, A. V. Identification of potential fish stocks and lifetime movement patterns of *Mugil liza* Valenciennes 1836 in the Southwestern Atlantic Ocean. **Fisheries Research**, v. 193, p. 164–172, 2017.

CAMPANA, S. E.; TZENG, W. N. Otolith composition. **Fisheries Research**, v. 46, p. 287 – 288, 2000.

CAMPANA, S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal Fish Biology** v. 59, p.197–242, 2001.

CADRIN, S. X.; FRIEDLAND, K. D. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. **Fisheries Research**, v. 43, p. 129–139, 1999.

CAPOCCIONI, F.; COSTA, C.; AGUZZI, J.; MENESATTI, P.; LOMBARTE, A.; CICCOTTI, E. Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 397, p.1–7, 2011.

CAMPOS, P.C.; MOLLER, O.O.; PIOLA, A.; PALMA, E.D. Seasonal variability and coastal upwelling near Cape Santa Marta (Brazil). **Journal Geophysica Research: Oceans**, v. 118, p. 1420–1433, 2013.

CARDOSO, L.G.; HAIMOVICI, M. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in southern Brazil. **Fish Research**, v. 111, p.177–187, 2011.

CARMO SILVA, J. P.; COSTA, M. R.; GOMES, I. D.; ARAÚJO, F. G. Gonadal development and fecundity of the smooth weakfish *Cynoscion leiarchus* (Teleostei: Perciformes: Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. **Zoologia**, v. 33, n.6, p.1–9, 2016.

CARVALHO, F. M.; CASTELLO, J. P. Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) stock identification and incipient exploitation in southern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 5, p. 820–827, 2013.

CARVALHO B.M.; CORRÊA M.F.M. Morphometry of the *sagitta* otolith from *Atherinella brasiliensis* (Quoy and Gaimard, 1824) (Actinopterygii - Atherinopsidae), at the coast of Paraná. **Revista Tropical Oceanography**, v. 42, p. 54–59, 2014.

CARVALHO, B.M.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; SPACH, H.L.; VOLPEDO, A.V. Ontogenetic development of the *sagittal* otolith of the anchovy, *Anchoa tricolor*, in a subtropical estuary. **Scientia Marina**, v. 79, p. 409-418, 2015.

CARVALHO, B. M.; VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SPACH, H. L. Use of otolith microchemistry as an indicator of the habitat of *Anchoa tricolor* (Spix e Agassiz, 1829) in a subtropical estuary. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, p. 457-465, 2017a.

CARVALHO, B. M.; BARRADAS, J. R. S.; FONTOURA, N. F.; SPACH, H. L. Growth of the silverside *Atherinella brasiliensis* in a subtropical estuary with some insights concerning the weight-length relationship. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 1-12, 2017b.

CASTRO FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S – coastal segment (4°W). **The Sea**, v. 11, p. 209-251, 1998.

CATTANI, A.P.; SANTOS, L.O.; SPACH, H.L.; BUDEL, B.R.; GONDIM GUANAIS, J.H.D. Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 37, p. 247–260, 2011.

CEBIMAR – Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo. Acessado em 28 de março de 2018. <http://cebimar.usp.br/index.php/pt/informacoes-ambientais/estacao-meteorologica-do-cebimar-usp-sao-sebastiao-estacao-davis.html>

CHANG, W.Y.B. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. **Canadian Journal Fish Aquatic Science** v. 39, p. 1208–1210, 1982.

CHAO, L. N. A Basis for Classifying Western Atlantic Sciaenidae (T eleostei: Perciformes). NOAA Technical Report NMFS Circular, 1978.

CHAO, N.L.; FRÉDOU, F.L.; HAIMOVICI, M.; PERES, M.B.; POLIDORO, B.; RASEIRA, M.; SUBIRÁ, R.; CARPENTER, K. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure—extinction risk and conservation of Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology and Conservation**, v. 45, p. 1–10, 2015.

CERVIGÓN, F. Los peces marinos de Venezuela. Volume 2. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. p.497, 1993.

CHAVES, P. T.; ROBERT, M. C. Embarcações, artes e procedimentos da pesca artesanal no litoral sul do estado do Paraná, Brasil. **Atlântica**, v. 25, n.1, 53-59, 2003.

CHILDS, A. R.; COWLEY, P. D.; NÆSJE, T. F.; BENNETT, R. H. Habitat connectivity and intra-population structure of an estuary-dependent fishery species. *Marine Ecology Progress Series*, v. 537, p. 233–245, 2015.

CLARDY, S. D.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S.; LEAF, R.T. Age, growth, and reproduction of Southern Kingfish (*Menticirrhus americanus*): a multivariate comparison with life history patterns in other sciaenids. **Fisheries Bulletin**, v. 112, p. 1–20, 2014.

CONDINI, M. V.; TANNER, S.; REIS-SANTOS, P.; ALBUQUERQUE, C. Q.; PAES VIEIRA, J.; CABRAL, H. N. Prolonged estuarine habitat use by dusky grouper

*Epinephelus marginatus* at subtropical latitudes (32°) revealed otolith microchemistry. **Endangered Species Research**, v. 29, p. 271-277, 2016.

CORRÊA, M.F.M.; VIANA, M.S. Catálogo dos otólitos *sagitta* de Sciaenidae (Osteichthys - Perciformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. **Nerítica**, v. 7, p. 13–41, 1992.

CORRÊA, K. M.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O. The dynamics of whitemouth croaker fishing by gillnet and pair trawl in Southeastern Brazilian Bight. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, 1019-1027, 2016.

COSTA, E. F. S.; DIAS, J. F.; MURUA, H. Reproductive strategy and fecundity of the keystone species *Paralichthys brasiliensis* (Teleostei, Sciaenidae): an image processing techniques application. **Environmental Biology Fish**, v. 98, p. 2093- 2108, 2015.

DAVOREN, G. K.; HALDEN, N. M. Connectivity of capelin (*Mallotus villosus*) between regions and spawning habitats in Newfoundland inferred from otolith chemistry. **Fisheries Research**, v. 159, p. 95-104, 2014.

DAY, J. W.; KEMP, W.M.; YÁÑEZ-RANCIBIA, A.; CRUMP, B.C. Estuarine Ecology, Wiley-Blackwell, p. 568, 2013.

DIAS, J. F.; FERNANDEZ, W. S.; SCHMIDT, T. C.S. Length-weight relationship of 73 fish species caught in the southeastern inner continental shelf region of Brazil. **Latin America Journal Aquatic Research**, v. 42, n.1, 127-136, 2014.

DIAS, T.H.; OLIVEIRA, J.; SANDERS, C.J.; CARVALHO, F.; SANDERS, L.M.; MACHADO, E.C.; SÁ F. Radium isotope (223Ra, 224Ra, 226Ra and 228Ra) distribution near Brazil's largest port, Paranaguá Bay, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 111, p. 443–448, 2016.

DI BENEDITTO, A. P. M.; SICILIANO, S. Stomach contents of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia guianensis*) from Rio de Janeiro, south-eastern Brazil. **Journal Marine Biology Association UK**, v. 87, p. 253–254, 2007.

DOMIT, C.; BROADHURST, M. K.; BORNATOWSKI, H. Interactions between *Manta birostris* and *Sotalia guianensis* in a World Heritage listed Brazilian estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 91, p. 1236–1240, 2017.

DOTTORI, M.; SIEGLE, E.; CASTRO, B.M. Hydrodynamics and water properties at the entrance of Araçá Bay, Brazil. **Ocean Dynamics**, v. 65, n. 12, p. 1-11, 2015.

DUARTE, P.N.; LESSA, R.; STOSIC, B.; MORIZE, E. The use of *sagittal* otoliths in discriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. **ICES Journal Marine Science**, v. 65, n.7, p. 1144-1152, 2008.

EGBERT, M. E.; RULIFSON, R. A. Age and growth, reproductive biology, and histology in Atlantic needlefish (*Strongylura marina*) in a coastal freshwater lake. **Marine and Freshwater Research**, p. 1-11, 2017.

ELSDON, T. S.; WELLS, B.K.; CAMPANA, S. E.; GILLANDERS, B. M.; JONES, C. M.; LIMBURG, K. E.; SECOR, D. H.; THORROLD, S. R.; WALTHER, B. D. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses,



assumptions, limitations and inferences. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v. 46, p. 297-330, 2008.

FAO - Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 569. Rome, FAO. 2011. 334 pp.

FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2016/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2016/ FAO anuário. Estadísticas de pesca y acuicultura 2016. Rome/Roma. 104pp.

FÁVARO, L.F.; LOPES, S.C.G.; SPACH, H.L. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy e Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 501–506, 2003.

FÁVARO, L.F.; FREHSE, F. A.; OLIVEIRA, R. C.; SCWARZ JR, R. Reprodução do bagre amarelo, *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), da baía de Pinheiros, região esturina do litoral do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n.4, 1022 – 1029, 2005.

FERGUSON, G.J.; WARD, T.M; GILLANDERS, B.M. Otolith shape and elemental composition: Complementary tools for stock discrimination of mullet (*Argyrosomus japonicus*) in southern Australia. **Fisheries Research**, v. 110, n.1, p.75–83, 2011.

FRANCO, T.P.; ALBUQUERQUE, C.Q.; SANTOS, R.S.; SAINT'PIERRE, T.D.; ARAÚJO, F.G. Leave forever or return home? The case of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in coastal systems of southeastern Brazil indicated by otolith microchemistry. **Marine Environmental Research**, 2018, in press.

FREIRE, K.M.F.; TUBINO, R.A.; MONTEIRO-NETO, C.; ANDRADE-TUBINO, M.F.; BELRUSS, C.G.; TOMAS, A.R.G.; TUTUI, S.L.S.; CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; CATELLA, A.C.; CREPALDI, D.V.; DANIEL, C.R.A.; MACHADO, M.L.; MENDONÇA, J.T.; MORO, P.S.; MOTTA, F.S.; RAMIRES, M.; SILVA, M.H.C.; VIEIRA, J. Brazilian recreational fisheries: current status, challenges and future Direction. **Fisheries Management and Ecology**, 23, 276–290, 2016.

FREITAS, T. M. S.; ALMEIDA, V. H. C.; MONTAG, L. F. A.; FONTOURA, N. F. Predicting size at first sexual maturity from length/weight relationship: a case study with an Amazonian catfish. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, n.4, p. 1-8, 2016.

FREITAS, A.S.; SILVA, R.; SAMPAIO, I.; SCHNEIDER, H. The mitochondrial control region reveals genetic structure in southern king croaker populations on the coast of the Southwestern Atlantic. **Fisheries Research**, v. 191, p. 87-94, 2017.

FREITAS, M. O.; PREVIERO, M.; MINTE-VERA, C. V.; SPACH, H. L.; FRANCINI-FILHO, R. B.; MOURA, R. L. Reproductive biology and management of two commercially important groupers in the SW- Atlantic. **Environmental Biology Fish**, v. 101, p. 79- 94, 2018.

FROESE, R.; PAULY, D. *FishBase. World Wide Web electronic publication.* <www.fishbase.org>, version (01/2018).

FONSECA, G.; NETTO, S. A. Shallow sublittoral benthic communities of the Laguna estuarine system, south Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, n.1, p. 41-54, 2006.

GAGLIANO, M.; MCCORMICK, M. I. Feeding history influence otolith shape in tropical fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 278, p. 291 – 296, 2004.

GAULDIE, R.W.; CRAMPTON, J.S. An eco-morphological explanation of individual variability in the shape of the fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus atlanticus* with other species by depth. **Journal of Fish Biology**, v. 60, p. 1204–1221, 2002.

GEP-UNIVALI Grupo de estudos pesqueiros UNIVALI [www.propesqweb.acad.univali.br](http://www.propesqweb.acad.univali.br)

GIANNINI, R.; PAIVA – FILHO, A.M. Aspectos da bioecologia de *Menticirrhus americanus* (Teleostei - Sciaenidae) na Baía de Santos, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19, p.1–15, 1992.

GODEFROID, R.S.; SANTOS, C.; HOFSTAETTER, M.; SPACH, H.L. Occurrence of Larvae and Juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furnieri* at Pontal do Sul beach, Paraná. **Brazilian Archive of Biology and Technology**, v. 44, p. 411–418, 2001.

GOMES, I.D.; ARAÚJO, F.G. Reproductive biology of two marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in the Sepetiba Bay, Brazil. **Revista Biologia Tropical**, v. 52, p. 143–156, 2004.

GRAÇA – LOPES, R.; TOMÁS, A. R. G.; TUTUI, S. L. S.; SEVERINO RODRIGUES, E.; PUZZI, A. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28, n.2, p. 173 – 188, 2002.

GRACE, V.B.; MAS-PLA, J.; NOVAIS, T.O.; SACCHI, E.; ZUPPI, G.M. Hydrological mixing and geochemical processes characterization in an estuarine/mangrove system using environmental tracers in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). **Continental Shelf Research**, v. 28, n.4, 682–695, 2008.

HAIMOVICI, M.; MENDONÇA, J. T. Análise da pesca de peixes e camarões com arrasto de tangones no sul do Brasil - Período 1989-1994. **Atlântica**, v. 18, 143 – 160, 1996.

HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuarinos do Brasil. Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira e Marinha, 1999.

HAIMOVICI, M.; FREIRE, M.A.; FISCHER, L.; CONCEIÇÃO, W.V. Abundância relativa e tamanhos de teleósteos e cefalópodes em águas costeiras da Plataforma Sul. In *Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil* (Vooren, C. M., Klippel, S. eds). pp. 121–127. Porto Alegre, RS: Igaré 2005.

HAIMOVICI, M.; CARDOSO, L. G.; UNPIERRE, R. G. Stocks and management units of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) in southwestern Atlantic. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 44(5), 1080-1095, 2016.

HALUCH, C.F.; FREITAS, M.O.; CORRÊA, M.F.M.; ABILHOA, V. Variação sazonal e mudanças ontogênicas na dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, p. 347-356, 2009.

HALUCH, C. F.; ABILHOA, V.; FREITAS, M. O.; CORRÊA, M. F. M.; HOSTIM-SILVA, M. Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Sciaenidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 24, n. 1, 47-59, 2011.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontol Electronica**, v. 4, p. 1–9, 2001.

HARDING, S. M.; CHITTENDEN, M. E. J. Reproduction, Movements, and Population Dynamics of the Southern Kingfish, *Menticirrhus americanus*, in the Northwestern Gulf of Mexico. **NOAA Technical Report NMFS**, p. 1-27, 1987.

HEBERT, P.D.N.; RATNASINGHAM, S.; WAARD, J.R. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. **Proceedings of the Royal Society**, v. 270, 2003.

HUXLEY, J. S. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, v. 14, p. 896–897, 1929.

IBAÑEZ, A.L.; HERNÁNDEZ-FRAGA, K.; ALVAREZ-HERNÁNDEZ, S. Discrimination analysis of phenotypic stocks comparing fish otolith and scale shapes. **Fisheries Research**, v. 185, p. 6–13, 2017.

ICMBIO Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. [www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br)

JEMAA, S.; BACHA, M.; KHALAF, G.; DESSAILLY, D.; RABHI, K.; AMARA, R. What can otolith shape analysis tell us about population structure of the European sardine, *Sardina pilchardus*, from Atlantic and Mediterranean waters? **Journal of Sea Research**, v. 96, p. 11-17, 2015.

KEATING, J. P.; BROPHY, D.; OFFICER, R. A.; MULLINS, E. Otolith shape analysis of blue whiting suggests a complex stockstructure at their spawning grounds in the Northeast Atlantic. **Fisheries Research**, v. 157, p. 1-6, 2014.

KING, M. Fisheries biology: assessment and management. Oxford: Fishing Books News. 1995.

LAEGDSGAARD, P.; JOHNSON, C. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 257, p. 229–253, 2001.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: SEELIGER U. KJERFVE B. (eds), Coastal Marine Ecosystems of Latin America, Series Ecological Studies. 144, 131-145. Berlin, Springer-Verlag. 2001.

LANA, P. C.; CHRISTOFOLETTI, R.; GUSMÃO JR, J. B.; BARROS, T. L.; SPIER, D.; COSTA, T. M.; GOMES, A. S.; SANTOS, C. S. G. Benthic Estuarine Assemblages of the Southeastern Brazil Marine Ecoregion (SBME). In: LANA, P. C.; BERNARDINO, A. F. **Brazilian Estuaries**, p. 1-59, 2018.

LEGUÁ, J.; PLAZA, G.; PÉREZ, D.; ARKHIPHIN, A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 3, 479-489, 2013.

LIBUNGAN L. A.; ÓSKARSSON G.J.; SLOTTE, A.; JACOBSEN J.A.; PÁLSSON S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, p.1377–1395, 2015.

LIBUNGAN, L.A.; PÁLSSON, S. ShapeR: An R Package to Study Otolith Shape Variation among Fish Populations. **PLoS ONE**, v. 10, n.3, p. 1- 12, 2015.

LINDE, M.; PALMER, M.; GOMEZ-ZURITA, J. Differential correlates of diet and phylogeny on the shape of the premaxilla and anterior tooth in sparid fishes (Perciformes: Sparidae). **Journal of Evolutionary Biology**, v. 17, p. 941–952, 2004.

LOMBARTE, A. Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. **Environmental Biology Fishes**, v. 33, p. 405-410, 1992.

LOMBARTE, A.; TUSET, V.M. Morfometria de otólitos. In: VOLPEDO, A.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações. CAFB-BA-PIESCI. Buenos Aires. 2015.

LOWERRE-BARBIERI, S.K.; BROWN-PETERSON, N.J.; MURUA, H.; TOMKIEWICZ, J.; WYANSKI, D.M.; SABORIDO-REY, F. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, p. 32–51, 2011.

LOWERRE-BARBIERI, S. K.; BURNSSED, S. L. W.; BICKFORD, J. W. Assessing reproductive behavior important to fisheries management: a case study with red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Ecological Applications**, v. 26, n.4, p. 979 – 995, 2016.

MACIEL, T. R., VAZ-DOS-SANTOS, A. M., VIANNA, M. Can otoliths of *Genidens genidens* (Cuvier 1829) (Siluriformes: Ariidae) reveal differences in life strategies of males and females? **Environmental Biology Fish**, p. 1- 10, 2018.

MAI, A. C. G.; CONDINI, M. V.; ALBUQUERQUE, C. Q.; LOEBMANN, D.; SAINT'PIERRE, T. D.; MIEKELEY, N.; VIEIRA, J. P. High plasticity in habitat use of *Lycengraulis grossidens* (Clupeiformes, Engraulidae). **Estuarine Coastal Shelf Science**, v. 141, p. 17-25, 2014.

MAHIQUES, M. M.; SOUSA, S. H. M.; FURTADO, V. V.; TESSLER, M. G.; TOLEDO, F. A. L.; BURONE, L.; FIGUEIRA, R. C.L.; KLEIN, D. A.; MARTINS, C. C.; ALVES, D. P. V. The Southern brazilian shelf: general characteristics, quaternary evolution and sediment distribution. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 25-34, 2010.

MALLAT, S. Zero crossings of a wavelet transform. **IEEE Trans. Inf. Theory** v. 37, p. 1019–1033, 1991.

MCDOWELL, D.E.; ROBILLARD, E. Life history characteristics and age validation of southern kingfish (*Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758)) in the middle South Atlantic Bight. **Journal Applied Ichthyology**, v. 29, p. 839–846, 2013.

MENEZES, N.A., FIGUEIREDO J.L. Manual de peixe marinhos do sudeste do Brasil Teleostei I. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo v. 3, p. 42–59, 1980.

MENEZES, N.A.; BUCKUP, P.A.; FIGUEIREDO, J.L.; MOURA, R.L. Catálogo de espécies de peixes marinhos do Brasil. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MILLE, T.; MAHE, K.; VILLANUEVA, M.C.; DE PONTUA H.; ERNANDE, B. *Sagittal otolith morphogenesis asymmetry in marine fishes*. **Journal Fish Biology**, v. 87, n.3, p. 646–663, 2015.

MILITELLI, M.I.; MACCHI, G. J.; RODRIGUES, K.A. Comparative reproductive biology of Sciaenidae family species in the Rio de la Plata and Buenos Aires Coastal Zone, Argentina. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, p. 413–423, 2012.

MIOTTO, M.; CARVALHO, B. M.; SPACH, H. L. Does the closed fishing season influence the ichthyofauna consumed by *Larus dominicanus*? **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, p. 9-18, 2017.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. “Princípios de Oceanografia Física de Estuários”. Ed. Da USP. p. 408, 2002.

MIZERKOWSKI, B.D.; HESSE, K.; LADWIG, N.; MACHADO, E.C.; ROSA, R.; ARAÚJO, T.; KOCH, D. Sources, loads and dispersion of dissolved inorganic nutrients in Paranaguá Bay. **Ocean Dynamics**, v. 62, p. 1409–1424, 2012.

MIZERKOWSKI, B.D.; MACHADO, E.C.; BRANDINI, N.; NAZARIO, M.G.; BONFIM, K.V. Environmental water quality assessment in Guaratuba bay, state of Paraná, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n.2, p. 109-115, 2012.

MOLLER, O.O.; CASTAING, P. Hydrographical Characteristics of the Estuarine Area of Patos Lagoon (30° S, Brazil). In: Perillo, et al. Estuaries of South America. **Their Geomorphology and Dynamics**, p. 83-100, 1999.

MOLLER, O.O.; PIOLA, A.; FREITAS, A.C.; CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1607– 1624, 2008.

MONTEIRO, L. R.; DI BENEDITTO, A. P. M.; GUILLERMO, L. H.; RIVERA, L. A. Allometric changes and shape differentiation of *sagitta* otoliths in sciaenid fishes. **Fisheries Research**, v. 74, p. 288 – 299, 2005.

MORAT, F.; MARSCHAL, C.; DOMINICI, J. M.; HARMELIN-VIVIEN, M. A 31-year-old brown meagre female poached in the Scandola marine reserve in Corsica, France. **Cybiurn**, v. 41, n. 1, p. 79-80, 2017.

MONTIE, E. W.; VEGA, S.; POWELL, M. Seasonal and spatial patterns of fish sound production in the May River, South Carolina. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 144, p. 705–716, 2015.

MUNIZ, E.R.; CHAVES, P.T. Condição reprodutiva da betara preta, *Menticirrhus americanus* (Teleostei, Sciaenidae), na pesca realizada no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Science**, v. 30, p. 339–344, 2008.

NAGELKERKEN, I. Ecological Connectivity among tropical coastal ecosystems. Ed. Springer. 2009.

NEVES, L. M.; TEIXEIRA, T. P.; ARAÚJO, F. G. Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. **Marine Ecology**, v. 32, p. 115–131, 2010.

ODELL, J.; ADAMS, D. H.; BOUTIN, B.; COLLIER II, W.; DEARY, A.; HAVEL, L. N.; JOHNSON, J. A.; MIDWAY, S. R.; MURRAY, J.; SMITH, K.; WILKE, K. M.; YUEN, M. W. Atlantic Sciaenid Habitats: A Review of Utilization, Threats, and Recommendations for Conservation, Management, and Research. Atlantic States Marine Fisheries Commission Habitat Management Series No. 14, Arlington, VA. 2017.

OGLE, D. H. Introductory fisheries analyses with R. Boca Raton, FL: Chapman e Hall/CRC, Publisher. 2015.

OLIVEIRA, M. DE A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; MONTEIRO, L. R. Variação geográfica na forma e nas relações alométricas dos otólitos *sagitta* da maria-luiza *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral norte do Rio de Janeiro (21° S – 23° S), Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n.3, p. 475 – 485, 2009.

PARMENTIER, E.; TOCK, J.; FALGUIÈRE, J. C.; BEAUCHAUD, M. Sound production in *Sciaenops ocellatus*: Preliminary study for the development of acoustic cues in aquaculture. **Aquaculture**, v. 432, p. 204–211, 2014.

PARISI-BARADAD, V.; LOMBARTE, A.; GARCIA-LADONA, E.; CABESTANY, J.; PIERA, J.; CHIC, O. Otolith shape contour analysis using affine transformation invariant wavelet transforms and curvature scale space representation. **Marine Freshwater Research**, v. 56, p. 795-804, 2005.

PARISI-BARADAD, V.; MANJABACAS, A.; LOMBARTE, A.; OLIVELLA, R.; CHIC, Ò.; PIERA, J.; GARCÍA-LADONA, E. Automatic Taxon Identification of Teleost fishes in an otolith online database. *Fisheries Research*, v. 105, p. 13-20, 2010.

PARIZZI, R.A.; MACHADO, E.C.; TAVARES, C.P.S.; FERNANDES, L.F.; CAMARGO, M.G.; MAFRA JR, L.L. Primary productivity and phytoplankton dynamics in a subtropical estuary: a multiple timescale approach. *Scientia Marina*, v. 80, n. 3, p. 291-303, 2016.

PASSOS, A. C.; SCHWARZ JR, R.; CARTAGENA, B. F. C.; GARCIA, A. S.; SPACH, H. L. Weight-length relationship of 63 demersal fishes on the shallow coast of Paraná, Brazil. *Journal Applied Ichthyology*, v. 28, p. 845–847, 2012.

PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ABBATEPAULO, F. V.; SPACH, H. L.; VILAR, C. C.; JOYEUX, J. C.; CARTAGENA, B. F. C.; FAVARO, L. F. Analysis of fish assemblages in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n.4, 251-264, 2013.

PEREIRA, N.; D'INCAO, F. Precipitação pluvial na bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos, no período de 1964 a 2007 e suas associações com as safras de camarão-rosa. **Atlântica**, v. 34, n.2, p. 145-156, 2012.

PIOLA, A.; MATANO, R.P.; PALMA, E.D.; MOLLER, O.O.; CAMPOS, E.J.D. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. **Geophysical Research Letters**, v. 32, p. 1-5, 2005.

PITA, A.; CASEY, J.; HANKINS, S.J.; VILLARREAL, M.R.; GUTIÉRREZ, M.J.; CABRAL, H.; CAROCCI, F.; ABAUNZA, P.; PASCUAL, S.; PRESA, P. Conceptual and practical advances in fish stock delineation. **Fisheries Research**, v. 173, p. 185–193, 2015.



POHLERT, T. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). R package. <http://CRAN.R-project.org/package=PMCMR> 2016.

POPPER, A. N.; RAMCHARITAR, J.; CAMPANA, S. E. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. **Marine and Freshwater research**, v. 56, p. 497 – 504, 2005.

POPPER, A. N.; FAY, R. R. Rethinking sound detection by fishes. **Hearing Research**, v. 273, p. 25 – 36, 2011.

PORCARO, R. R.; ZANI-TEIXEIRA, M. L.; KATSURAGAWA, M.; NAMIKI, C.; OHKAWARA, M. H.; FAVERO, J. M. Spatial and temporal distribution patterns of larval sciaenids in the estuarine system and adjacent continental shelf off Santos, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 2, p. 149-164, 2014.

POSSAMAI, B.; FÁVARO, L.F. Using mariculture as a breeding site: reproduction of *Hypleurochilus fissicornis* (Actinopterygii: Blenniidae). **Scientia Marina**, v. 79, p. 335–343, 2015.

POSSAMAI, B.; ZANLORENZI, D.; MACHADO, R. C.; FÁVARO, L.F. Length–weight relationships for estuarine fishes in South Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, p. 1-6, 2018.

POTTER, I. C.; WARWICK, R. M.; HALL, N. G.; TWEEDLEY, J. R. The physico-chemical characteristics, biota and fisheries of estuaries. In: **Freshwater Fisheries Ecology**. p. 1-86, 2015.

PFISTER, C. A. Recruitment of Intertidal Fishes. In: *Intertidal Fishes: Life in two worlds*. Academic. Press. 1999.

RAY, G. C. Connectivities of estuarine fishes to the coastal realm. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 18 – 32, 2005.

RAMCHARITAR, J.; GANNON, D.P.; POPPER, A.N. Bioacoustics of Fishes of the Family Sciaenidae (Croakers and Drums). **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 135, p. 1409–1431, 2006.

REBAYA, M.; BEN FALEH, A.; ALLAYA, H.; KHEDHER, M.; TROJETTE, M.; MARSAOUM, B.; FATNASSI, A.; CHALH, A.; QUIGNARD, J.; TRABELSI, M. Otolith shape discrimination of *Liza ramada* (Actinopterygii: Mugiliformes: Mugilidae) from marine and estuarine populations in Tunisia. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 47, n.1, p. 13-21, 2017.

REIS-SANTOS, P.; TANNER, S. E.; VASCONCELOS, R. P.; ELSDON, T. S.; CABRAL, H. N.; GILLANDERS, B. M. Connectivity between estuarine and coastal fish populations: contributions of estuaries are not consistent over time. **Marine Ecology Progress Series**, v. 491, p. 177–186, 2013.

ROCHA, M.L.; SÁ, F.; CAMPOS, M.S.; GRASSI, M.T.; COMBI, T.; MACHADO, E.C. Metals impact into the Paranaguá Estuarine Complex (Brazil) during the exceptional flood of 2011. **Brazilian Journal Oceanography**, v. 65, n. 1, p. 54-68, 2017.

RONDINELI, G. R.; BRAGA, F. M. S.; TUTUI, S. L. S.; BASTOS, G. C. C. Dieta de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) e *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant e Bocourt, 1883) (Pisces, Sciaenidae) no sudeste do Brasil, Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 33, n. 2, p. 221 – 228, 2007.



ROSS, S. Age, Growth, and Mortality of the Banded Drum, *Larimus fasciatus* (Sciaenidae) in North Carolina. **Northeast Gulf Science**, v. 10, n. 1, p.19-31, 1989.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil. 1. ed. São Paulo: EDUSP. 2006.

SADIGHZADEH, Z.; TUSET, V.M.; VALINASSAB, T.; DADPOUR, M. R.; LOMBARTE, A. Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of *Lutjanus spp.* from the Persian Gulf. **Marine Biology Research**, v. 8, p. 802-814, 2012.

SADIGHZADEH, Z.; VALINASSA, T.; VOSUGI, G.; MOTALLEBI, A. A.; FATEMI, M.R.; LOMBARTE, A.; TUSET, V.M. Use of otolith shape for stock identification of John's snapper, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. **Fisheries Research**, v. 155, p. 59–63, 2014.

SANTOS, R.S.; SILVA, J.P.C.; COSTA, M.R.; ARAUJO, G.F. O tamanho de primeira maturação como parâmetro para o estabelecimento de tamanho mínimo de captura para corvina no sudeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 507–518, 2015.

SANTOS, L.O.; CATTANI, A.P.; SPACH, H.L. Ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto para embarcações acima de 45 HP no litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, p. 816–830, 2016.

SANTOS, R.S.; COSTA, M.R.; ARAUJO, G.F. Age and growth of the white croaker *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae) in a coastal area of Southeastern Brazilian Bight. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, p. 1–12, 2017.

SANTOS, R. S.; AZEVEDO, M.C. C.; ALBUQUERQUE, C. Q.; ARAÚJO, F. G. Different *sagitta* otolith morphotypes for the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* in the Southwestern Atlantic coast. **Fisheries Research**, v. 195, p. 222-229, 2017.

SCHULZ-MIRBACH, T.; RIESCH, R.; LEÓN, F. J. G.; PLATH, M. Effects of extreme habitat conditions on otolith morphology – a case study on extremophile livebearing fishes (*Poecilia mexicana*, *P. sulphuraria*). **Zoology**, v. 114, p. 321– 334, 2011.

SIEGLE, E.; DOTTORI, M.; VILLAMARIN, B.C. Hydrodynamics of a subtropical tidal flat: Araçá Bay, Brazil. **Ocean Coastal Management**, 2017.

SILIPRANDI, C.C.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; BRENHA, M.R.; GONSALES, S.A.; SANTIFICETUR, C.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M. Atlas of marine bony fish otoliths (*sagittae*) of southeastern - southern Brazil Part II: Perciformes (Carangidae, Sciaenidae, Scombridae and Serranidae). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, p. 28–101, 2014.

SPALDING, M.D.; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A.; FINLAYSON, M.; HALPERN, B.S.; JORGE, M.A.; LOMBANA, A.; LOURIE, S.A.; MARTIN, K.D.; MCMANUS, E.; MOLNAR, J.; RECCHIA, C.A.; ROBERTSON, J. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. **BioScience**, v. 57, p. 573–584, 2007.

SOETH, M., FÁVARO, L. F., SPACH, H. L., DAROS, F. A., WOLTRICH, A. E., CORREIA, A. T. Age, growth, and reproductive biology of the Atlantic spadeish

*Chaetodipterus faber* in southern Brazil. **Ichthyological Research**, v. 211, p. 81-90, 2018.

SOUZA, L.M.; CHAVES, P.T. Atividade reprodutiva de peixes (Teleostei) e o defeso da pesca de arrasto no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, p. 1113–1121, 2007.

SOUZA, M.R.; CARNEIRO, M.H.; QUIRINO-DUARTE, G.; SERVO, G.J.M. Caracterização da “mistura” na pesca de arrasto-de-pareilha desembarcada em Santos e Guarujá, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, p. 43–51, 2007.

SOUZA-BASTOS, L.; FREIRE, C. A. Osmoregulation of the resident estuarine fish *Atherinella brasiliensis* was still affected by an oil spill (Vicuña tanker, Paranaguá Bay, Brazil), 7 months after the accident. *Science of the Total Environment*, 409, 1229–1234, 2011.

STRANSKY, C.; MACLELLAN, S.E. Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis. **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science**, v. 62, p. 2265–2276, 2005.

TANNER, S. E.; REIS-SANTOS, P.; VASCONCELOS, R. P.; FONSECA, V. F.; FRANÇA, S.; CABRAL, H. N.; THORROLD, S. R. Does otolith geochemistry record ambient environmental conditions in a temperate tidal estuary? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 441, p. 7–15, 2013.

TAYLOR, C.C. Temperature and growth - the Pacific razor clam. *Journal du Conseil Permanent International pour L'exploration de la Mer*, v. 25, p.93-101, 1959.

TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W.; OLSSON, D.; FINE, M. L. Calls of the black drum (*Pogonias cromis*: Sciaenidae): geographical differences in sound production between northern and southern hemisphere populations. **Journal of Experimental Zoology**, v. 315, p. 48–55, 2011.

TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W. Sexual Dimorphism in Sound Production and Call Characteristics in the Striped Weakfish *Cynoscion guatucupa*. *Zoological Studies*, v. 51, n. 7, p. 946-955, 2012.

THORROLD, S. R., LATKOCZY, C., SWART, P. K., JONES, C. M. Natal Homing in a Marine Fish Metapopulation. *Science of the Total Environment*, v. 291, p. 297-299, 2001.

TOMBARI, A.D.; VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Desarrollo de la *sagitta* en juveniles y adultos de *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) y *O. bonariensis* (Valenciennes, 1835) de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Teleostei: Atheriniformes). **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 78, p. 623-633, 2005.

TURRA, A.; SANTOS, F.B.; BESSA, E.; FERNANDEZ, W.S.; BERNADOCHI, L.C.; DENADAI, M.R. Population biology and diet of the southern kingcroaker *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Sciaenidae) in Caraguatatuba Bay, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal Oceanography*, v. 60, p. 343–252, 2012.

TUSET, V.M.; LOZANO, I.J.; GONZALEZ, J.A. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). **Journal Applied Ichthyology**, v. 19, p. 88-93, 2003.

TUSET, V.M.; LOMBARTE, A.; ASSIS, C.A. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. **Scientia Marina**, v. 72, n. S1, p. 7-198, 2008.

TUSET, V. M.; IMONDI, R.; AGUADO, G.; OTERO-FERRER, J. L.; SANTACHI, L.; LOMBARTE, A.; LOVE, M. Otolith Patterns of Rockfishes from the Northeastern Pacific. **Journal of Morphology**, v. 276, p. 458–469, 2015.

TUSET, V.M.; OTERO-FERRER, J.L.; OMEZ-ZURITA, J.G.; VENERUS, L.A.; STRANSKY, C.; IMONDI, R.; ORLOV, A.M.; YE, Z.; SANTACHI, L.; AFANASIE, P.K.; ZHUANG, L.; FARRÉ, M.; LOVE, M.S.; LOMBARTE, A. Otolith shape lends support to the sensory drive hypothesis in rockfishes. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 29, p. 2083–2097, 2016.

VASCONCELOS, J.; VIEIRA, A. R.; SEQUEIRA, V.; GONZÁLEZ, J. A.; KAUFMANN, M.; GORDO, L. S. Identifying populations of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the Northeast Atlantic by using geometric morphometrics and otolith shape analysis. **Fisheries Bulletin**, v. 116, p. 81–92, 2018.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-2000. *Neotropical Ichthyology*, v. 3, n.5, 375-386, 2007.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; GRIS, B. Length-weight relationships of the ichthyofauna from a coastal subtropical system: a tool for biomass estimates and ecosystem modelling. *Biota Neotropica*, v. 16, n. 3, 1-6, 2016.

VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; SANTOS-CRUZ, N.N.; SOUZA, D.; GIOMBELLI-DA-SILVA, A.; GRIS, B.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Otoliths *sagittae* of *Merluccius hubbsi*: an efficient tool for the differentiation of stocks in the Southwestern Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, n.3, 520-525, (2017).

VAZZOLER, A.E.A.M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM/São Paulo: SBI. 1996

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.

VIGNON, M.; MORAT F. Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 411, p. 231-241, 2010.

VIGNON, M. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 420, p.26–32, 2012.

VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Morfología de los otolitos *sagittae* de juveniles y adultos de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Sciaenidae). **Revista Ciencias Marina Thalassas**, v. 15, p. 19-24, 1999.

VOLPEDO, A. V.; ECHEVERRÍA, D. D. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. Buenos Aires: Editorial Dunken, v. 1, p. 90, 2000.

VOLPEDO, A.V.; ECHEVERRÍA, D.D. Ecomorphological patterns of the saggita in fish on the continental shelf off Argentina. **Fisheries Research**, v. 60, p. 551-560, 2003.

VOLPEDO, A.V.; TOMBARI A. D.; ECHEVERRÍA, D.D. Eco-morphological patterns of the *sagitta* of Antarctic. **Polar Biol**, p.1-6, 2008.

VOLPEDO, A.V.; BIOLÉ, F. G.; CALLICÓ FORTUNATO R. G.; TOMBARI A. D.; THOMPSON, G. A. Otolitos de peces de la costa bonaerense. In: VOLPEDO, A. V.; THOMPSON, G. A.; AVIGLIANO, E. Atlas de otólitos de Peces de Argentina. CAFP-BA-PIESCI. Buenos Aires. 2017.

VOLPEDO, A. V.; THOMPSON, G. A.; AVIGLIANO, E. Atlas de Otolitos de peces de Argentina. CAFP-BA PIESCI, 2017.

VON BERTALANFFY L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws). **Human Biology**, v. 10, p. 79-102, 1968.

WAESSLE, J. A.; LASTA, C. A.; FAVERO, M. Otolith morphology and body size relationships for juvenile Sciaenidae in the Río de la Plata estuary (35-36°S). *Scientia Marina*, v. 67, n. 2, 233-240, 2003.

WAGGY, G. L.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S. Evaluation of the Reproductive Life History of the Sciaenidae in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea: "Greater" versus "Lesser" Strategies? **57th Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, p. 264-282, 2006.

WONG, J. Y.; CHU, C.; CHONG, V. C.; DHILLON, S. K.; LOH, K. H. Automated otolith image classification with multiple views: an evaluation on Sciaenidae. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 1324–1344, 2016.

ZAR, J.H. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall. p. 947, 2010.

ZISCHKE, M. T.; LITHERLAND, L.; TILYARD, B.R.; STRARFORD, N. J.; JONES, E.L.; WANG, Y.G. Otolith morphology of four mackerel species (*Scomberomorus* spp.) in Australia: Species differentiation and prediction for fisheries monitoring and assessment. **Fisheries Research**, v. 176, p. 39–47, 2016.